PRAELECTIONES ACADEMICAE PVBLICAE IN PHYSICAE PARTES OPTICAS, ET HIS COGNATAS,

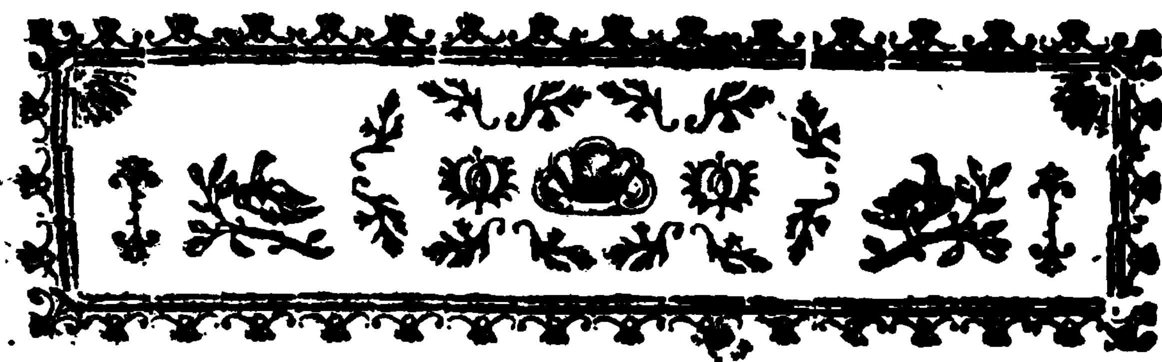
COMMODA AVDITORIBVS METHODO CONSCRIPTAE

A
GEORGIO WOLFFGANGO KRAFFT,
PHYSICES ET MATHESEOS P. P. O.
ACADEMIAR. SCIENTIAR. PETROPOLITANAE, ET BEROLINENSIS, MEMBRO.

PARS III.

Edited by C. F. Schott

TVBINGAE
SVMTIBVS JOH. GEORGII COTTAE,
MDCCLIV.



LECTORI BENEVOLO

S. P. D.

CHRISTOPH. FRIDER. SCHOTT,

Philoſoph. practicæ, Eloqu. ac Poës.

Prof. P. O.



Prodit heic in lucem publicam tertium *idque ultimum volumen* prælectionum Academicarum in Phyſicam Theoreticam à Celeberrimo KRAFFTIO conſcriptarum, de quo Tibi, L. B. rationem redditurus fuiſſet ipſe, niſi prælmatura fata, quibus libro hoc fere penitus typis exſcripto occubuit, id impediviſſent. Rogatus à Bibliopola, ut id officii in me ſuſciperem ego, eò lubentius morem geſſi, quo gratior mihi eſt occaſio de

Viro

Viro Optimo, quocum magna mihi intercessit necessitudo, cuiusque merita prorsus singularia semper in maximo pretio habui & etiamnum habeo, post mortem quoque Ipsius aliquo modo bene merendi.

Primum, de quo Te monendum puto, id est, ut ne existimes, volumen hoc inter partus posthumos esse referendum, ex adversariis Beati tumultuarie congestum atque compilatum, cui ipse ultimam manum admovere, vel ad minimum limam addere, haud potuerit. Ipsae enim libelli huius virtutes internae, ordo lucidus, eruditio ubivis obvia haud vulgaris, nexus rerum inter se arctissimus, scribendi ratio pura & praecedentibus duobus voluminibus ex asse conformis, contrarium Te facile docebunt. Neque etiam fieri potuisset, ut intra tam breve temporis spatium, quod à morte KRAFF-

TII effluxit, qui ante has novem septimanas diem obiit, libellus triginta plagulas continens, & pluribus præterea figuris æri incisis ornatus, vel conficeretur, vel etiam imprimeretur. Proinde confidimus, fore, ut facilè fidem nobis sis habiturus, qui id ipsum confirmamus, cum exploratè nobis constet, Virum beatum non tantum omnia, quæ volumen hoc complectitur, conscripsisse, antequam decumberet, sed & pleraque pro ea, qua erat, accuratione summa, cum typis mandarentur, correxisse ipsum, atque à mendis typographicis expurgasse.

Alterum, de quo nonnihil præfandum esset, ipsum huius voluminis argumentum concernit. Cum vero instituti sui rationem in hac etiam parte servandi, iam in præfatione secundæ parti præmissa exposuerit b. KRAFFTIVS, ubi ita loquitur: „Ultimam „

)(3 hanc

„hanc pertractationem parti III., pro-„ximè inſecuturæ, reſervo; in qua, de „motu aquarum, hoc eſt, *Hydraulica*; „de pernicitate lucis, hoc eſt, *Optica* „univerſa; de fluido aëris, hoc eſt, „*venti meteoro*; de volitatione ignium, „hoc eſt, *Electricitate* commodiſſimus „erit agendi locus;„ nihil habemus, quod ulterius addamus, quum hæc ipſa verba, εἰς ἓν συνόψει, omnia ea ſiſtant, quæ in hoc libello pertractata deprehenduntur.

Atque ſic finire hanc epiſtolam poſſem, niſi libellus ſub ipſum Auctoris ſui obitum in lucem editus, ut eius vitæ rationes ipſi inſerantur, ſuo quodam peculiari jure poſtulare videretur. Quare & ſingularem apud Te, L. B. gratiam me initurum eſſe ſpero. Præcipua paucis ſic habe.

Natus

Natus est Anno huius seculi primo, die xv. Iulii, Duttlingæ, quod oppidum ad fines Helvetiæ in ripa Danubii situm in hoc Ducatu haud incelebre est, patre usus, Sene iam Venerabili, apud Nagoldenses Sacrorum Antistite primario, Viro maximè Reverendo atque Doctissimo Dn. IOH. IACOBO KRAFFTIO, matre vero Nobilissima Matrona Dna. MARIA REGINA, nata HABELSHOFERIA; qui Ipsius parentes, perspectis ingenii dotibus, *quæ ipsi inerant*, prorsus eximiis, ad *illas excolendas ipsumque bonis literis imbuendum* nihil sibi fecerunt reliqui. Positis in ludo Sulzensi primis literarum fundamentis, per complures annos fidelissima Parentis institutione usus est, à quo deinde cognato Habelshofero, Diacono Balingensi, in disciplinam traditus, sic profecit, ut anno seculi huius decimo septimo inter

alumnos Principis, qui Blabyræ nutriuntur, reciperetur clementissimè, ubi præter b. Bülfingerum Præsulem, & b. Seyboldum, Præceptorem quoque coluit Summe Reverendum Weissensee, Denckendorffensis iam Monasterii Præpositum Gravissimum, qui naturalem ipsius ad Matheseos & Physices studia impetum persentiscens omnibus modis & doctrina & consilio ipsum iuvit humanissimè, & eum præterea ipsi favorem exhibuit, ut, quam tum iam comparare cœperat, rerum & artificiosarum & naturalium penum curæ ipsius committeret. Inde exacto triennio Bebenhusam translatus ducibus beatis Viris Hochstettero, Weismanno, Canzio, suos profectus insigniter auxit, ut biennio post cum laude Musarum nostrarum sedem ingredi potuerit, in qua indefessa industria audivit Philosophos tùm temporis celeberrimos, beatos vi-

ros Creulingium, Rœslerum, Hagmajerum, Hallwachsium, &c, qui solus superstes est, Summe Reverendum D. D. Klemmium, cuius sub Præsidio quoque dissertationem typis impressam, *Exercitia critica super quinque prioribus Evangelii Matthæi capitibus* sistentem, masculè & cum laude defendit. Summa verò cum voluptate ab ore b. Bülfingeri quoque pependit, qui, quas præ reliquis maximè deamabat, Physices & Matheseos doctrinas ipsi instillabat, ex *quo tam vehemens* his studiis *totum se tradendi* cupido *ipsum* incessit, ut eò unicè omnes suas cogitationes converteret. Neque diu votis defuit fortuna. Cum enim anno huius seculi vicesimo quinto supremos in Philosophia honores consecutus esset, illustris Bülfingerus, qui interea temporis Petropolim concesserat, eodem ipsum accersivit, quo etiam ob-

 tenta

tenta prius à Sereniſſimo Nutritore ſuo venia, celeberrimo Medico Dno. Duvernoy comitem itineris ſe adjungens eodem adhuc anno ſe contulit. In quo itinere multis cum difficultatibus conflictatus eſt. Etenim quum inclinato iam anni tempore peragratis Francofurto ad Mœnum, Gieſſa, Marpurgo, Caſſellis, Hannovera, Hamburgo, Lubeca, Travemundæ Baltico Mari ſe commiſiſſet, moleſtiſſimam navigationem habuit, & ter tempeſtate exorta, amiſſisque minore malo & anchora, de ſalute ſua fere deſperans ad Revaliæ littus evaſit, unde traha vectus, quod ex itinere reliquum erat, confecit. Petropoli ſtatim provincia Matheſin in Gymnaſio academico docendi publice in ipſum collata, & id præterea muneris datum eſt, ut in obſervationibus inſtituendis Aſtronomum Imperialem iuvaret. Quibus

officiis per integrum quinquennium ita defunctus est, ut suam & fidelitatem & scientiam probaret omnibus. Praeterea verò opportunitatem, quam heic nactus erat, in Matheseos & Physices adyta altius pertingendi summo studio lucrifecit, & ex usu & commercio, quo fruebatur, summorum virorum Bülfingeri, Hermanni, Bernoulliorum, Duvernoy, Majeri, Leutmanni, Bayeri, Goldbachii, Schumacheri & Euleri uberrimos reportavit fructus. Quo *factum est, ut elapso hoc tempore in* numerum Sodalium Academiæ adsciscceretur, ipsique Professio Matheseos universæ ordinaria demandaretur. Cumque haud multo post observationibus quoque astronomicis à se institutis inclaresceret, Observatorii Astronomici Director designatus est, munere autem hoc anno elapso nondum vacante, professionem Physi-

cæ theoreticæ & experimentalis obtinuit. Cui muneri dum præerat non tantum aliquoties integrum Physicæ experimentalis campum frequenti audientium concursu emensus, sed & singularem adeptus est honorem, ut bis præsente Augusta Imperatrice Anna, semel in conspectu Magni Russorum Ducis, sæpe autem coram splendidissimis diversarum gentium & orientalium & occidentalium Legatis, institutis rarioribus experimentis physicis, suam commonstrare eruditionem potuerit. Quæ scripto edidit, cum Academiæ Petropolitanæ Commentariis inserta sint, neminem literatorum latere possunt. Anno huius seculi trigesimo octavo matrimonio sibi iunxit ornatissimam Virginem Dominam ANNAM CATHARINAM Nobilissimi Viri Dn. MATTHAEI VELTENI, Academiæ Scientiarum quondam à rationi-

bus

bus oeconomicis, filiam, ex qua trium liberorum parens factus, ipsa ante biennium fatis functa, filiolo autem uno singulari calamitate Nicri undis hausto, duos utroque parente orbos filium optimae spei & filiam bimulam post se reliquit. Non una vice in Patriam revocatus est à Serenissimo Principe nostro, suam autem missionem haud ante obtinuit, quam id instantissime urgeretur, quod anno huius seculi decimo quarto contigit, & tanto quidem cum ipsius honore, *ut etiam absfuturo* locus inter membra Academiae honoraria concederetur, & annua pensio ad dies vitae ipsi solvenda decerneretur. Quo impetrato discessum suum, quantum fieri poterat maturavit, atque felicius ac prima vice Baltico Mari traiecto Wolgastiae navem appulit, unde terrestri itinere Berolino, Witteberga, Lipsia, Iena, Coburgo, Bamberga, No-

rimber-

rimberga peragratis in Patriam rediit, à qua integros undevigenti annos abfuerat. Novum munus in Patria ſibi commiſſum, Matheſin & Phyſicam tum in hac Univerſitate, tùm in Collegio, quod heic floret, illuſtri, publicè tradendi bina oratione auſpicatus eſt, in quarum illa: *de monitis quibusdam ad Phyſicam experimentalem hodie etiamnum ſumme neceſſariis*, in hac verò: *de quibusdam borealium climatum prærogativis in obſervandis naturæ miraculis & inſtituendis obſervationibus phyſicis*, verba fecit. Quantopere novam hanc ſpartam per integrum decennium ornarit, non opus eſt pluribus differere, cum ſcripta ipſius apud nos quoque edita, inter quæ præter complures diſputationes Inſtitutiones ipſius Geometriæ ſublimioris & hic ipſe liber, cuius ultima pars heic comparet, eminent, id ſatis ſuperque

loquan-

loquantur. Quod ad ultima ipsius attinet, inde ab aliquo tempore insignem virium suarum prostrationem sensit, ex hepatis obstructione oriundam, quod malum cum indies maiora caperet incrementa tandem lectulo ipsum affixit, ex quo cum intelligeret fatum sibi imminere, pie se ad mortem composuit, & editis pluribus fidei suæ documentis in Domino die XVI. Iul. postridie natalis sui placide obdormivit. Quantus vir fuerit vita ipsius docet, & scripta confirmant. *Vale*, *mi Lector*, & hoc etiam labore ipsius summo cum Tuo fructu utere, mihique fave.

Scripsi Tubingæ d. XVIII.
Sept. A. CIϽ IϽCC LIV.

ORDO CAPITVM.

CAP.

CAPUT I.

DE MOTU AQUARUM.

I.

x facta superius (*Part. II, Praef. & Cap. I,*) partitione nostra tractandum nunc erit in hac Parte III, de *Mechanica fluidorum*, quorum *Staticam* iam absoluimus. Illa itaque est inuestigatio celeritatis actualis omnium fluidorum, appellaturque *Hydraulica generalis*, melius autem *Hydromechanica*, vel *Hydrodynamica*, intelligendo sub aqua, his vocabulis contenta, omnia fluida, tam elastica, quam non ela-

ſtica, quorum maxime celebria, Phyſicam occupantia, ſunt *Aqua*, *Lux*, *Aër*, & *Materia Electrica*, hac tractatione methodo noſtræ antea (P. II, 6.) expoſitæ conuenienter abſoluenda.

2.

Ab initio igitur agendum erit de motu aquarum, aut aliorum fluidorum non elaſticorum, quæ ſcientia *Hydraulica ſpecialis* dicitur, & Hydroſtaticæ cognitionem ſuperius traditam ſupponit. (P. II, 93.) Mouentur autem aquæ, aut per propriam ſuam grauitatem, & preſſionem aquarum ſuperincumbentium; aut, cum machinarum Hydraulicarum ope eleuantur; aut cum eædem ab aëre contiguo premuntur, atque ſic ad motum cientur. *Machinæ Hydraulicæ* eximio vſui ſunt in vita humana, quibus nempe aqua præcipue eum in finem in altum tollitur, ut deinde porro hinc & inde commode deriuari & deduci queat; *Fontes ſalientes*, principum & diuitum deliciæ, elegantiſſima oculis ſpectacula obiiciunt; *fluminum curſus naturalis* ad naturæ cognitionem ſpectat; vtque adeo hæc ſcientia, ex quacunque illam parte contuearis, vel ſit ſumme vtilis, vel maxime iucunda; vt proſit & delectet.

3.

Primum igitur conſiderandus hic erit motus aquarum oriundus ex propria earundem

graui-

grauitate, & pressione aquarum superincumbentium; quod cum fit: accidit illud vel per foramen solum vasi, quo continetur fluidum, infra *libellam* inflictum, quale foramen, ex quo effluunt aquae in genere, *Lumen* vocari solet; vel per tubum, aut canalem aliquem, vasi adiunctum, quorum vtrumque separatim pertractari debet.

4.

Fluidum in vase clauso contentum inferius premitur a superiori versus omnes partes aequaliter; (P. II, 99.) hinc gutta quaelibet conatur etiam omnes partes versus se mouere, atque tenet hinc celeritatem potentialem, huic pressioni conuenientem. Hanc igitur mutat in celeritatem actualem, & reuera *mouetur, si obstaculum ab vna parte tollatur.* Neque interest vbicunque obstaculum, vel pressio contraria aequiualens, tollatur: gutta enim eadem semper celeritate mouebitur, si fuerit eadem pressio, vel eadem altitudo fluidi stagnantis supra locum, vbi pressio praeualet, remoto obstaculo. Celerior ergo oritur guttae motus in profunditate maiori, ob maiorem pressionem; eadem oritur guttae celeritas vbique, in eadem profunditate, ob aequalem hoc casu pressionem. (P. II, 98.)

5.

Vt ergo celeritas guttulae, vbicunque erum-

pentis, mensuretur: memores erimus regulæ generalissimæ celeritatis a potentia quacunque excitatæ, $dc = \frac{pdt}{m}$, (P. I, 127.) quæ, si potentia sit constans, vti hic supponimus, facili integratione mutatur in hanc: $c = \frac{pt}{m}$, quoniam massa *m* per se constans supponitur.
Fig. 1. Statuamus itaque vas prismaticum ABFE, cuius luminis, vel orificii aperti, diameter sit CD; atque egressa sit iam guttula CD dc, vnde superior superficies aliquantum subsedit, nempe ex AB in *ab;* quæritur celeritas fluidi huius egredientis *c*. Pressio in hanc guttulam egredientem, fluidi homogenei, CD dc est $CD^2 \times EA$; (P. II, 98.) spatium percursum ab hac pressione est Dd, & massa promota est $CD^2 \times Dd$; tempus vero, quo hæc promotio massulæ contingit, est $\frac{Dd}{c}$. (P. I, 83.) His igitur omnibus in canone generali substitutis oritur $c^2 = EA$, aut vero $c = \sqrt{EA}$; hoc est, celeritates, quibus guttulæ per lumen CD egrediuntur, sunt vti radices quadratæ ex altitudinibus aquæ stagnantis supra lumen EA. In eadem vero ratione sunt etiam celeritates grauium per EA libere decidentium; (P. I, 146.) guttula ergo quælibet exit ea celeritate, qua egrederetur, si per AE delapsa libere fuisset.

6. Abstra-

6.

Abſtrahimus autem in præcedente demonſtratione animum a partium fluidi cohæſione, quæ, licet exigua ſit, in omnibus tamen adeſt, (P. I, 302.) motumque aliquantum retardat. Præterea manifeſtum eſt, modo expoſitam celeritatem generari preſſione fluidi ſuperincumbentis, neque eandem particulas acquirere cadendo; non enim illæ tantum exeunt, quæ deſcendunt, ſed etiam quæ lateraliter affluunt. Ex Mechanicis porro notum eſt, corpus libere cadens ſemper eam acquirere celeritatem, qua ad priſtinam altitudinem motu retardato iterum aſcendere poteſt; (P. II, 184.) ergo idem etiam hic verum eſt, nempe guttulam effluere ea celeritate, qua ad altitudinem integram aquæ ſtagnantis rurſus aſcendere poſſet. *Newtonus* quidem in prima editione *Principiorum Math. Philoſ. nat.* ſtatuit, guttulam effluere ea celeritate, qua ad dimidiam tantum altitudinem aſcendere poſſet: ſed in ſecunda eiusdem libri editione hanc ſententiam ſuam mutauit in eam, quam modo expoſuimus. Vid. *Celeberr. Dan. Bernoulli Hydrodynamica, pag. 3.*

7.

Poſuimus in demonſtratione, tempus, quo promotio maſſulæ contingit, eſſe $\frac{Dd}{c}$;

quod non verum est, nisi in motu æquabili; (P. I, 83.) aut vero in inæquabili etiam, sed infinite paruo; (P. I, 124.) ponimus itaque fluidi superficiem AB subsidere per spatiolum Aa infinite paruum, hoc est, effluxum fieri per foramen infinite paruum. Adductum ergo Theorema intelligi debet tantum de foramine infinite paruo, aut quod insignem aliquam tenet paruitatem. Si enim assumatur lumen finitæ cuiusdam diametri, celeritas erumpentis aquæ non nisi difficillimo calculo supputatur. Vlterius etiam assumsimus potentiam prementem constantem, quod fieri nequit, nisi vas sit constanter plenum ad eandem aliquam altitudinem; quod in experimentis instituendis obtinetur, si ex amplissimo quodam vase aquæ in vasculum examini subiectum per canalem quiete deriuentur, atque huic superne tubuli laterales euacuantes ad eandem aliquam altitudinem sint adiuncti.

8.

Atque hæc quidem valent pro egressu guttulæ verticaliter deorsum nitentis: sed comprobantur quoque etiam in eiusdem egressu horizontali. Similis enim hic adest pressio fluidi supraiacentis, & ab hac guttæ in quamlibet plagam diriguntur; (4.) ergo etiam horizontaliter. Sin igitur ad latus vasis aperiatur lumen; per hoc erumpet fluidum iis-

dem

dem legibus, quibus deſcendit verticaliter, ſola directione excepta. Conſiderari autem talis guttula horizontaliter prorumpens debet tanquam punctum graue horizontaliter proiectum, quod iam vidimus deſcribere hoc caſu Parabolam, in medio non reſiſtenti; (P. II, 186.) ergo quoque fluidum horizontaliter proſiliens eandem Parabolæ ſemitam ita deſcribet, vt, ſi in vaſe aliquo AICK, repleto ad AI vsque, lumen quoddam G ad latus inflictum fuerit infinite paruum, fluidum per illud ſit egreſſurum in ſemita Parabolica GH, in qua eſt $4AG \times GC = CH^2$; poſita KD linea horizontali, & AG altitudine fluidi ſtagnantis ſupra aperturam G factam; atque hoc ita quidem eueniet, vt infra hanc venam aquoſam GH quis conſiſtere *poſſit ſine madeſcendi periculo.* Fig. 2.

9.

Quodſi igitur circa totam altitudinem CA fluidi ſtagnantis ſupra fundum horizontalem CD deſcriptus intelligatur eſſe ſemicirculus AEC, atque ex lumine G erigatur ad diametrum perpendicularis GM; erit ex natura Circuli $AG \times GC = GM^2$; quod ſubſtitutum in æquatione priori præbet $4GM^2 = CH^2$, aut vero $2GM = CH$; vnde iam omnia phænomena huius motus horizontalis conſequuntur. Nam 1.) quia amplitudo iactus CH eſt 2GM; atque inter omnes per-

pendiculares a peripheria ad diametrum maxima est radius: erit iactus amplissimus, qui ex centro Circuli B egreditur, bisecta nempe tota altitudine CA in B, Parabolam BD formans. 2.) Quia perpendiculares ad diametrum a centro æqualiter distantes GM & FL sunt æquales, dabunt etiam lumina a centro B æqualiter remota G & F eandem iactuum suorum amplitudinem, nempe CH. 3.) Aqua sensibiliter subsidente in AI, per effluxum continuatum, semper aliæ atque aliæ Parabolæ exsurgunt, quia altitudo fluidi supra lumen mutatur, & consequenter etiam celeritas, qua guttulæ prosiliunt. 4.) Pro foramine quomodocunque posito F amplitudo inuenitur $= 2\sqrt{AF \times FC}$. Quæ omnia Experimentis comprobantur.

10.

Inueniri potest hinc celeritas, qua guttulæ ex lumine prosiliunt. Cum enim prosiliant ea celeritate, ac si decidissent libere ex altitudine fluidi stagnantis supra lumen; (5.) atque hæc altitudo sit, ex. gr. pro effluxu ex lumine G, $AG = \frac{CH^2}{4GC}$; (8.) obseruentur in iactu aliquo horizontali venæ aquosæ amplitudo CH, & foraminis G altitudo GC supra fundum horizontalem CD: dabitur ita altitudo AG, vel altitudo celeritati huius effluxus debita. (P. I, 149.) Ita *Grauesandius* in *Phys. Elem. Mathem.* editis 1742, *Tomo I*, p. 453.

p. 453, Experimentum adducit, in quo erant, altitudo luminis supra fundum, siue GC, 18 poll. amplitudo iactus autem, vel CH, $34\frac{1}{2}$ poll. Ex quibus conficitur altitudo huic celeritati debita AG $16\frac{17}{64}$ poll. quae tamen reuera in Experimento fuit 18 poll. Ex quo patet, fluidum prosilire minori celeritate, quam quae debetur altitudini superficiei supra lumen stagnantis, & prementis; quod vero mirum non est, cum tot immiscceantur impedimenta, celeritati purae remoram iniicientia, quot paullo infra memorabimus.

II.

Sin igitur, vti hucusque statuimus, lumen sit amplitudinis infinite paruae, adeoque motus partium *intestinus* fere nullus, ex quo *intrinseca quaedam motus generalis alteratio* consequi posset: tum verae sunt propositiones hucusque adductae in vasis etiam, non prismatice modo, sed vtcunque, formatis; quorum autem vasorum figura nequaquam negligi potest, si lumen in vsum vocetur magnitudinis finitae; ob rationem inferius (16.) occurrentem. Nisi vero lumen sit amplissimum, sed aliquot tantum lineas in diametro occupans, sine notabili errore illud pro infinite paruo haberi potest; vti exemplo quodam ostendit *Cel. Dan. Bernoulli in Hydrodynamicae pag. 39*, de diametro luminis, quae sit $\frac{1}{4}$ diametri vasis; sed in hoc casu si-

mul suadet, vt pro capienda amplitudine CD, vel CH, non sumantur primae guttulae exeuntes, sed eae, quae prosiliunt, postquam aqua in vase iam aliquantulum subsedit; neque enim statim ab initio aqua profluit ea velocitate, quae debetur altitudini aquae supraſtagnantis. *vid. l. c. pag. 55.*

12.

Perspectum nunc habemus, esse amplitudinem iactus $CH = 2\sqrt{AG \times GC}$; (8.) vnde sequentia deriuabimus consectaria. 1.) Si in diuersis casibus altitudines iactuum GC sint eaedem: tunc esse amplitudines correspondentes CH in ratione subduplicata altitudinum fluidi supra lumen, hoc est, vti $\sqrt{AG}$. 2.) Quia vero radices quadratae ex altitudinibus sunt vti celeritates fluidi prosilientis in vtroque casu: hinc in eadem altitudine iactus amplitudines sunt etiam vti celeritates, quibus fluida prosiliunt. 3.) Quoniam amplitudo generaliter est $2\sqrt{AG \times GC}$, in quam expressionem latitudo vasis non ingreditur: patet, amplitudinem ex vase latissimo, vel angustissimo, esse eandem; dummodo maneat AG, altitudo fluidi supra foramen G, & CG, altitudo iactus, eadem, vti antea dictum est. (11.) Neque etiam incurrit in determinationem amplitudinis iactus densitas fluidi; hinc eadem de fluido quocunque valet. 4.) Si fuerint duo vasa

inaequa-

inæqualia altitudine aquarum, & basi vasis, sed quorum iactus in amplitudine sint æquales; erunt celeritates aquæ prosilientis inverse vti radices quadratæ ex altitudinibus luminum supra fundos. Nam, si amplitudo iactus est vtrinque eadem, vel constans, erit $CH = 2\sqrt{AG \times GC} = 1$, adeoque $\sqrt{AG} = \frac{1}{2\sqrt{GC}}$; sed $\sqrt{AG}$ est celeritas fluidi prosilientis (5.): ergo patet propositum.

13.

Ponamus nunc fluidum exsilire verticaliter sursum, id, quod nullo simplici vasis repleti foramine, sed tubo recuruo ABC, sursum verticaliter in C directo, obtineri potest, per quem partialiter tantum aqua fluit, ad assumendam directionem; erit in hoc casu *regula generalis hæc: aquam verticaliter prosilientem CD ascendere ad libellam aquæ stagnantis in vase EF.* Cum enim fluidum, quaquauersus directum, e lumine infinite paruo, quale etiam hic supponitur, egrediatur ea celeritate, quam adeptum fuisset, si ex altitudine fluidi stagnantis decidisset, quæ hic est EA; (5.) & vero corpus graue decidens ex aliqua altitudine motu accelerato semper talem acquirat celeritatem, qua motu retardato ad eandem altitudinem potest pertingere: (P. II, 184.) patet, guttulas verticaliter prosilientes ascensuras esse ad altitudinem FED, ex qua descendisse censentur. Fig. 3.

tur. Quod idem etiam e natura tubi communicantis, ad D vsque protensi, illustrari potest. (P. II, 107.) Altitudo igitur fluidi prosilientis ex lumine CD, aequalis semper est altitudini fluidi stagnantis in vase GE, ducta nimirum per lumen C horizontali CG. Neque quicquam hic refert, si tubus recurvus ABC sit quomodocunque inflexus, quia pressio semper eadem manet, modo non sit valde longus, sed interne optime politus, ad euitandum nimium fluidi attritum. Ex hoc itaque principio varii *Fontes salientes* explicantur, quorum specimina postea dabimus.

14.

Manifestum itaque est, guttulas verticaliter exeuntes deorsum egredi motu accelerato; sursum vero retardato; vti omnia reliqua grauia. Vnde accidit, vt vena aquae deorsum tendens angustior fiat, & contrahatur; ascendens autem amplior reddatur, & dilatetur. Nam in descensu quaelibet guttula praecedens celerius fertur insequente, sed huic connexa tamen manet, tam ob aëris circumflui pressionem, quam naturalem cohaesionem; ergo hinc distrahitur vena aquae, & fit angustior, donec tandem discerpatur in guttulas innumeras, ab aëre irrumpente, & ob varios impetus irregulares. Contrarium vero horum accidit in vena fluidi ascendentis, in quo praecedens quaelibet

gut-

guttula tardius mouetur sua insequente, atque adeo *hac* sua tarditate insequentem impedit. Omnis tamen hæc venæ contractio desinit, si aqua per tubum cylindricum effluat.

15.

Vidimus hucusque, fluidum prosiliens verticaliter deorsum & sursum, atque etiam horizontaliter, eas sequi leges, quas inuenimus obtinere in motu corporis proiecti grauis. Minime igitur erit dubitandum, fluidum oblique prosiliens, in directione quacunque, iisdem præscriptis obtemperare. Tale itaque fluidum describet pariter Parabolam, determinandam iisdem circumstantiis, quas supra (P. II, 179.) tradidimus, & *experimentis, fonte mercurii oblique prosilientis, instituendis optime comprobatam.* In tali igitur iactu fluidi is erit *longissimus*, qui prosilit sub angulo semirecto; & qui ab hoc vtrinque æqualiter distant: eandem habent amplitudinem.

16.

Regulæ, quas adhuc de motu fluidorum tradidimus, veræ quidem sunt Geometrice, posito lumine infinite paruo, & resistentia omni seposita. Quodsi vero Physice earundem executionem a natura factam contemplemur: hanc a regulis traditis multum abludere obseruabimus. Huius ergo Naturæ

a Geo-

a Geometria discessus vt caussæ indicentur, notanda sunt sequentia, quæ neruose excussit *Gravesande*, in *Physices Elementis Mathem. nouiss. editis*, *pag. 454*, omnium reliquorum Physicorum aut aperto, aut tacito, consensu. I.) Præter cohæsionem particularum in fluidis ante (6.) memoratam, vena fluidi prosilientis sursum, exempli gratia, non manet æque lata, aut cylindrica, vti modo diximus, (14.) ob celeritatem continuo retardatam, quod in omnibus corporibus ascendentibus accidit. Nam, quæ venæ pars initio occupat pollicem cylindricum, in celeritate minori latius occupat spatium, ex impetu fluidi insequentis, & natura fluidorum impressioni cuicunque cedentium; ex quo retardatio motus consequitur, quæ nulla arte corrigi potest.

17.

II. Partes, quæ totum motum amiserunt, hærent in summo, & sustineri debent ab inferioribus, antequam ex latere defluant, quo fluidum insequens, & tota columna, retardatur. Hinc mercurius viuus verticaliter prosiliens, grauior, magis deficit a libella, quam aqua; ille nimirum, prouti obseruaui, parte iactus sui $\frac{1}{4}$, hæc autem $\frac{2}{9}$. Corrigitur hæc retardatio, si oblique paullulum prosiliat fluidum, quo vero spectaculi amœnitas tollitur; aut si digito obturetur lu-

men, & cito remoueatur, quo facto primæ guttulæ iterum altius eleuantur. III. Aëris resistentia remoram iniicit fluidis motis, tam supra, quam ad latera; quod vero solus aër non faciat omnem resistentiam, ex eo perspicitur, quod neque in vacuo aqua prosiliens ad libellam pertingit.

18.

IV. Deinde attritus adest in omni tubulo & epistomio, aut clauicula, quem aqua lateralis patitur interea, dum media libere prouoluitur, vnde nouæ oriuntur irregularitates. Circa lumina igitur, vel foramina, notanda sunt hæc. Maior est frictio in foramine minori, quam in maiori. Sint enim duorum luminum diametri d & D; frictiones f & F, *quantitates fluidi* exeuntis q & Q. *Cum igitur frictiones sint vti superficies* internæ laterales tubulorum, aut, in tubulis æque longis, vti peripheriæ, hoc est, vti diametri: erit $f : F = d : D$; sunt vero quantitates fluidi prorumpentis vti areæ peripheriarum, hoc est, vti quadrata diametrorum, ergo $q : Q = d^2 : D^2$. Illa igitur proportione per hanc diuisa prodit $\frac{f}{q} : \frac{F}{Q} = \frac{d}{d^2} : \frac{D}{D^2} = D : d$. Ex quo patet, maiorem esse frictionis ad quantitatem fluidi rationem in lumine minori. Maior deinde etiam frictio est in celeritate fluidi maiori; quia

quia resistentia hic est vti quadratum celeritatis. (P. II, 242.) Hinc pro vasis altioribus maiora etiam requiruntur foramina; & fluidum magna celeritate actum ita in aërem impingit, vt omne abeat in guttas. Interim tamen magna foramina etiam motui obstant; quia maius fit pondus in summo quiescens, neque effluit in his propemodum illa sola aqua, quæ lumini respondet, sed vicina quoque, ob maiorem fluxum, quod motus irregulares reddit. Vlterius adhuc figura tubulorum eiicientium conica noxia valde est, tam ob attritum auctum, quam ob motus inordinatos fluido sic inductos; optime fluxus, verticalis præcipue, & horizontalis, succedit, si adhibeatur cylindrulus interne bene politus, qui tectus sit lamina tenui iterum optime polita, & conuenienti foramine pertusa; suadente *Grauesandio*. Mercurius, si proiici debeat, minus foramen requirit quam aqua, quia hac difficilius diuiditur, adeoque, tenuiter etiam exiens, filum suum bene seruat. Lumina igitur per experientiam determinari consultissimum est, quia nulla adhuc regula pro iis a priori cognita habetur. Quibus omnibus addendum est V, quod in fluido, præsertim recta deorsum effluente, circa medium vasis detur superficies, reliqua depressior, quæ gurgitem quendam format, quia fluidum a lateribus satis cito non affluit, ex quo deinde fit, vt flui-

di

di ſtagnantis non ſit vbique eadem altitudo, neque adeo eadem particularum omnium egredientium celeritas. (5.)

19.

Mariotte, in *Traité du mouv. des eaux*, *P. IV*, *Diſc. 1. pag. 439*, experientia adiutus ſequentem condidit tabulam, ex qua perſpicere licet, ad quamnam altitudinem aquae proſiliant delapſae ex variis altitudinibus aquae ſtagnantis.

Altitudo aquae ſalientis.			Altitudo aquae ſtagnantis.	
5 ped.			5 ped. & 1 poll. duodec.	
10	-	-	10	4
20	-	-	20	16
30	-	-	30	36
40	-	-	40	64
50	-	-	50	100
60	-	-	60	144
70	-	-	70	196
80	-	-	80	256
90	-	-	90	324
100	-	-	100	400

iactus itaque 100 pedes altus requirit altitudinem aquae ſtagnantis 100 ped. + 400 poll. aut 133 ped. & 4 poll.

20.

In fluidis ex propria grauitate per lumen aliquod effluentibus conſiderari etiam ſolet *quantitas fluidi*, quae in quacunque directione,

certo aliquo tempore, effluxit, si vas constanter ad eandem altitudinem maneat repletum. Hæc quantitas, vt exacte computetur, requirit summam Geometriæ cognitionem: sed in vasis prismaticis quamproxime tamen reperitur, si hæc quantitas fluidi, quæ effluxit, dicatur Q; tempus, quo effluxus durauit, T; area foraminis F; altitudo aquæ stagnantis in vase, constans, vti dictum est, A; atque statuatur $Q = TF\sqrt{A}$; quia satis perspicitur, esse quantitatem hanc Q generaliter eo maiorem, quo longiori durat tempore T, quo maius est foramen F, & quo maior est celeritas fluidi egredientis, aut $\sqrt{A}$. (5.) Hunc in sensum *Gulielminus de aquarum fluentium mensura, lib. II, prop. 1*, dicit, esse Q, cæteris paribus, vti $\sqrt{A}$, in vase constanter pleno, quod experimento comprobauit, dum quantitatem aquæ egressæ pondere æstimauit. Secundum hæc fundamenta, & experimentum aliquod a *Mariotto* captum, Tabulam sequentem construxit *Gravesandius*. Nempe ex vase constanter pleno, per lumen semper idem, cuius diam. $\frac{1}{2}$ poll. Rhen. duodec. effluxit pes cylindricus dictæ diametri

in alt. aquæ eadem	tempore min. sec.
4 ped. - - -	52
6 - - - -	43
9 - - - -	35

12

12 - - - - -	30
14 - - - - -	28
16 - - - - -	26
18 - - - - -	25
20 - - - - -	23
21 - - - - -	23

vbi, ob foramen ſemper idem, quantitas aquæ, quæ effluxit, eſt vti $T\sqrt{A}$, & hæc quidem æqualis pedi cylindrico, aut 1; ergo eſt in hac tabula $T = \frac{1}{\sqrt{A}}$. Ex generali æſtimatione hac ſequitur etiam, quod dicitur in *Mem. de l'Acad. de Paris 1668, p. 73:* Duo vaſa cylindrica diuerſæ amplitudinis, ſed eiusdem altitudinis, & æqualium aperturarum, ſi ſemper plena maneant: in eodem tempore æqualem effundunt aquarum copiam, *vbicunque fundus ſit pertuſus.*

21.

Attendendum quoque hic eſt ad tempus illud, in quo vas priſmaticum effluxu per idem foramen continuo euacuatur, quod vocatur *tempus euacuationis aut depletionis*, atque ita eruitur. Quoniam eſt $Q = TF\sqrt{A}$, erit ergo $T = \frac{Q}{F\sqrt{A}}$; ſed in vaſe priſmatico eſt, poſita huius baſe $= B$, $Q = AB$; quo ſubſtituto prodit tempus euacuationis $T = \frac{B\sqrt{A}}{F}$. Explicatur hinc elegans experimentum *Graueſandianum* hoc: accipiantur

tria vaſa cylindrica A, C, & B, diametros æquales habentia, quorum altitudines ſint vti 1, 3, & 4; in fundis vaſorum A & B facta ſint foramina æqualia, in vaſis medii C autem fundo nullum ſit foramen; vaſa A & B impleantur aqua, & eodem momento foramina aperiantur, obſeruabitur: ſi aqua ex B in C influat, hoc vas C eodem tempore impleri, quo A totum euacuatur. Nam quia vaſa C & B ſunt eiusdem amplitudinis, aut baſeos, hinc repleto vaſe C effluxerunt $\frac{3}{4}$ totius B, & ſupereſt adhuc $\frac{1}{4}$ eius, hoc eſt, præciſe tantum, quantum capit A; quæ $\frac{1}{4}$ igitur cum eodem tempore effluat, quo A denuo repletum, quia omnia vtrinque ſunt eadem: patet ſenſum experimenti hunc eſſe, vt ad effluxum omnis aquæ in B requiratur tempus duplum eius, quod requiritur ad tempus depletionis A; ſiue tempus illud eſt ad hoc vti 2 ad 1, quod etiam penduli ope obſeruari poteſt.

22.

Abſoluta igitur iam celeritate fluido impreſſa per propriam grauitationem, ſed transeunti per ſimplicem aperturam: progrediendum erit ad transfluxum aquarum per tubum, aut canalem, vaſi adiunctum; veluti ſupra tractationem hanc inſtituimus. (3.) Generaliter hic notari debet, celeritates aquæ ex tubo priſmatico ampliori in anguſtiorem

ſtiorem fluentis eſſe in ratione inuerſa amplitudinis tuborum. Fluat enim aqua ABFC per canalem ampliorem primo, deinde in anguſtiorem; & tempore quodam mutetur hæc quantitas, in formam *a* B b; eritque cel. in A ad cel. in E vti Aa ad Eb, ob idem tempus; (P. I, 82.) ſed ex Geometria eſt volumen $AC^2 \times Aa = DE^2 \times Eb$, aut vero $Aa : Eb = DE^2 : AC^2$; ergo celeritas in A ad celeritatem in E vti DE^2 ad AC^2, hoc eſt, in ratione reciproca amplitudinis tuborum. Hoc autem aſſertum duplici laborat incommodo non euitabili; primo enim motus circa latera vaſorum magis retardatur quam in medio; (18.) ſecundo deinde aqua a fundo BF non admodum remota motum hic ſuppoſitum habere nequit, ſed a peripheria centrum verſus vrgetur. vid. *Celeberr. Bernoullii Hydrodyn. p. 36.* Hinc etiam *Gulielminus, de aquarum fluentium menſura lib. I, prop. 3,* hoc ita exprimit: in ſectionibus eiusdem fluminis velocitates *mediæ* ſunt in proportione reciproca ſectionum. Deriuatur hinc explicatio Experimenti, quo certum eſt, motum fluidi ex vaſe, cum quo inferius anguſtior tubus ſit connexus, eo magis accelerari, quo hic tubus eſt longior; maioremque adhuc effluere aquæ copiam ſi tubulus hic fiat conicus, inferne diuergens. Minime vero hic negligenda eſt atmoſphæræ preſſio, quæ fluidum ſuperius, in ampliori Fig. 4

 tubo

tubo motum tardius, continuo apprimit ad inferius, motum celerius, atque sic vtriusque fluxum promouet, vt vacuum oriri nequeat. Qua ratione idem hoc theorema applicari debeat ad vsus Medicos, vt ostendatur ex. gr. medicamenta, sanguine recepta, operari in latera arteriarum; vix autem agere aliquid in parietes venarum; vid. *Celeberr. van Musschenbroek Institut. Phys. p.326.*

23.

In fontibus salientibus obseruatur saepenumero, aquam aliquando facere iactum multo altiorem quam antea, & prouti secundum regulas deberet fieri. Huius paradoxi solutio in eo posita est, quod hucusque considerauerimus aquam continuam durante effluxu, neque vacuo quodam aëreo separatam. Fit enim indicatus motus irregularis, si aëris portio vna cum aqua tubum ingrediatur prope scaturiginem, aut si rima sit in tubo aquam ducente. Hoc experimento obseruari potest, si in vase, quod tubo longiori instructum est, huic superne infligatur foraminulum; quod si digito obturetur: tum aqua pura effluit per lumen inferius; si vero aperiatur: tunc exit aqua aëre mixta, & turbida, cum aliquo strepitu. Talis ergo aër inclusus simul cum aqua fertur ad orificium vsque effluxus, per quod deinde erumpit, & elasticitate sua aquae maiorem

iorem impetum conciliat, quo vero abſo-
luto iactus ad ordinariam altitudinem ſtatim
redit. *Ab* eodem tali aëre hærente in cur-
vaturis tuborum, per quos deducuntur aquæ,
harum effluxus vehementiſſime retardatur;
quod experti artifices, ideo talibus curuatu-
ris imponunt cucurbitas recipiendo aëri de-
ſtinatas; neque hinc mirandum eſt, cur aër
venis animalis infuſus præſentanei veneni
inſtar occidat, cum ſanguini circulum ob-
eunti veluti firmiſſimus obex reſiſtat. vid.
Celeberr. van Muſſchenbrœk Inſtitut. Phyſ. p.
826.

24.

Si fuerit igitur fluidum ex vaſe quodam
maiori, aut alueo, deducendum in alium
locum, tubi, aut canalis, ope: ſemper re-
quiritur, *vt poſterior hic locus priori ſit hu-*
milior, aut centro terræ propior. *In plano*
enim horizontali fluidum ſtagnat; (P. II,
105.) vt ergo motum inducat, debet eſſe in
plano inclinato illum locum verſus, ad
quem moueri debet, per quod planum in-
clinatum deinde ſola ſua grauitatis vi deſcen-
dit, ſiue contineatur in tubo, ſiue autem in
canali. Omne igitur fluidum in tubo aut
canali motum, mouetur reuera in plano ali-
quo inclinato, atque omnibus huius motus
regulis ſubiectum eſt, quas ſupra dedimus.
(P. II, 142.) Quotiescunque igitur quæſtio
eſt de aquis ex vno loco in alium deriuandis:

libellanda sunt hæc duo loca, (P. II, 105.) vt constet an posterior hic locus priore sit profundior; quod si ita repertum fuerit: aquæ eousque poterunt deduci. Quæ vero ad operationem ipsam, aut praxin, huius negotii spectant, breuiter huc redeunt: tubi plumbei fortes quidem sunt, sed aqua per illos deducta sanitati bibentium non conducit, vnde in hoc casu ab eis est abstinendum, & lignei siue argillacei adhibendi. Deinde alueo superiori tubus ita est inserendus, vt aquas nec ex fundo, nec ex superficie, hauriat; ibi enim aqua plerumque est turbida ex sedimento; huic autem insecta & leuiores impuritates innatant; vnde etiam ad arcendas tales sordes lumini canalis inserti cribrum ferreum stanno obductum imponitur, immo ad percolandam aquam spongia admouetur, & alueus tecto munitur. Vid. *Illustr. L. B. de Wolff Elem. Hydrostat. p. 427.*

25.

Si fluida per longos canales diu deducenda sint, duplex oritur incommodum; vnum quidem, vt multo minor eorundem effluat quantitas in tempore aliquo dato, quam computationes ordinariæ præcipiunt. Talia enim fluida perpetuo atteruntur a tuborum parietibus, eoque magis, quo hi sunt asperiores; si præterea canales multis anfractibus sint inflexi, oritur in his retardatio sen-

ſenſibilis aquarum, dum harum particulæ impactæ reſiliunt, & inſequentes retardant. Ita obſeruauit *Deſagulierius*, in *Philoſ. Tranſact. Angl. n. 452*, per canalem 1000 vlnas longum $\frac{11}{12}$ minorem copiam transfluxiſſe, quam calculus ſecundum *Mariotti* regulas exhibet. Alterum deinde eſt, vt fluida per canales mota horum latera premant, eademque diſrumpant, niſi ſatis ſint valida. Cuius quidem preſſionis regulæ altioris ſunt indaginis, quam vt hic tradi queant; conſuli vero poſſunt de ea *Mariottus*, *Traité du mouv. des eaux*, *p. 460*; *Joh. Bernoullius*, in *Comment. Acad. Scient. Petropol. Tomo X*, *pag. 218*, aliique.

26.

Huic materiæ analoga eſt tractatio de curſu fluminum, & eorum, quæ de hoc in computationem mathematicam poſſunt venire. *Flumen* igitur, vel *Fluuius*, eſt aqua in canali, hoc eſt, tubo ſuperius aperto, propria ſua grauitate promota, fluensque per fundum ad horizontem inclinatum; (23.) in horizontali enim plano nullus ex grauitate motus exoriri poteſt. Porro dicuntur, *Alueus fluuii*, ille ipſe canalis ſemiapertus, per quem aquæ currunt, fundo inclinato itaque præditus, & ripis vtrinque munitus; & *ſtatus permanens* fluuii, quando hic nuſquam intumeſcit, neque vſquam detumeſcit. *Sectio* denique *fluminis* dicitur planum, ſecans illud

illud perpendiculariter ad fundum, vti
Fig. 5. CDXF.

27.

De hoc itaque cursu & motu aquarum sequentia occurrunt notanda. Si flumen fuerit in statu permanente, tunc eodem tempore eadem aquae quantitas per singulas sectiones fluit. Nisi enim in loco quocunque eadem aquae quantitas continuo affluat, quae ex eo defluit: detumescet illa, neque adeo status permanens in flumine dabitur; quod est contra hypothesin. Nam si ex. gr. per sectionem ABGE fluant in min. secundo 100 pedes cubici aquae; in eodem tempore etiam eadem quantitas fluere debet per CDXF; alias aqua redundaret, neque esset in statu permanente. Veluti asserit *Gulielminus l. c. lib. I, prop. VI*, per sectiones diuersas fluminum quantitates aquae eodem tempore fluentes sunt in ratione composita directa sectionum, & velocitatum mediarum. Hinc, si sectio CDXF sit angustior illa sectione: maior erit huius celeritas; quoniam celeritates inuerse sunt vti amplitudines, hoc est, vti sectiones. (21.) Cum vero in alueo naturali, wilder Bach, infinitae dari possint irregularitates, nullis legibus subiiciendae: supponimus in hac tractatione, fluere aquam per canalem regularem, Mühl-Graben, qui terminatus sit lateribus inter se parallelis, & verticalibus; fundo plano, & inclinato, sed

nullam

nullam exercente reſiſtentiam aut attritum; aquam deinde in receptaculo AK eandem ſemper tenere altitudinem.

28.

Altitudo aquæ in tali alueo fluentis, recedendo a receptaculo, ſemper fit minor. Cum enim ſupponatur receptaculum conſtanter eſſe plenum, (26.) erit quantitas aquæ, per eius ſectionem tempore T exiens, hæc: T × AE × AB × cel. A. (19.) Pari modo erit quantitas aquæ eodem tempore exiens per ſectionem DF talis: T × AE × CD × cel. C; ob CF & AE æquales. Sed quia flumen ſupponitur in ſtatu permanente: erit vna harum quantitatum alteri æqualis, vnde conficitur AB × cel. A = CD × cel. C, vel *AB : CD = cel. C : cel. A. Quia vero labitur aqua in plano inclinato & acceleratur:* erit cel. A < cel. C; ergo etiam CD < AB.

29.

Si ex ſummitate aquæ ſtagnantis in receptaculo educatur horizontalis CH: tum erit Fig. 6.
celeritas guttulæ cuiuslibet, profluentis in alueo, talis, qualis generatur ex lapſu libero per rectam ex guttula in horizontalem perpendiculariter ductam. Nam ſit aluei ſectio ABD, ſupra quam fluat aqua ABIC. Si nunc obturetur initium aluei plano AC, in quo fingatur foramen infinite paruum E: exſi-

exsiliet ibi aqua celeritate per lapsum CE acquisita. (5.) Eadem guttula profluit deinde in plano inclinato per viam EF, atque in F acquirit celeritatem debitam altitudini GF, ducta noua horizontali EG; (P. II, 145.) sed antea, ab initio, iam habuit celeritatem debitam altitudini CE = HG: ergo in F habet celeritatem debitam altitudini HG + GF, vel ipsi HF. Omnia hæc autem pariter se habebunt, si remoueatur repagulum AC; ergo in F particula eam habebit celeritatem, ac si libere delapsa esset per altitudinem verticalem HF. Patet hinc simul, in quacunque sectione fluuii aquam fundo propiorem celerius moueri, quam eandem in superficie. F enim punctum habet maiorem altitudinem, celeritati suæ debitam, quam K; ergo etiam F celerius mouetur quam K. Interim tamen differentia harum celeritatum KF in progressu fluuii semper fit minor, quoniam altitudo fluuii semper decrescit. (27.) Tendunt adeoque duæ hæ guttulæ K & F continuo ad celeritatum suarum æqualitatem.

30.

Ad celeritatem aquæ in fluuio progredientis mensurandam, adhibetur instrumentum, Fig. 7. quale Fig. 7. depictum est, in quo P est corpus, setæ equinæ affixum, aqua paullo grauius; ex inclinatione igitur huius corporis, ad quadrantem, cui affixum est, cognita, repe-

reperitur calculo celeritas fluuii. Sed multis cautionibus obnoxia est hæc praxis. Optime autem hæc celeritas deprehenditur, si obseruetur, quo tempore corpus in flumine natans datum aliquod spatium percurrat; quod fieri potest gallæ iniectæ ope, vti *Castellus* suasit; vel aquam colore aliquo imbuendo, quod consilium est *Dobrzenskii*, in *noua de fontibus Philosophia*, *p*. 92.

31.

Elegans est consideratio oscillationum fluidi in tubo quodam contenti, quæ ad motum deinde vndarum in fluido stagnanti excitatarum potest vtiliter applicari. Sit itaque tubus vtrinque apertus, vbique eiusdem amplitudinis, *ABCD*, teneat is duo crura BA & *CD* quomodocunque *sursum inflexa*, quales tubi communicantes esse *solent*; deinde repleatur quoad maximam partem mercurio viuo, & agitetur, vt mercurius ascendat & descendat, atque sic oscillationes peragat: obseruabitur, oscillationes tam maiores quam minores esse inter se isochronas, & earum quamlibet absolui eo tempore, quo pendulum simplex singulas oscillationes efficit suas, longitudinis $\frac{L}{p+q}$, si longitudo mercurii integra ABCD, iuxta axem mensurata, fuerit L, sinus inclinationis ABC *p*, & DCB *q*; posito sinu toto = 1. Cuius Fig. 8.

Theo-

Theorematis demonstrationem dedit *Celeberr. Dan. Bernoulli*, *Hydrodyn. p. 119.*

32.

Reliquae huius experimenti circumstantiae huc redeunt, vt 1.) illud extendi etiam possit ad casum, in quo pars BC vas quodcunque irregulare est, veluti vter aliquis fluido repletus, modo crura maneant cylindrica, aeque ampla, monente *Celeberr. Dan. Bernoulli*, l. c. 2.) Crura debent esse non subito, sed lente, inflexa, vt ne per hanc inflexionem amplitudines mutentur, aut ex parte occludantur. 3.) An autem tubus aliquis vitreus, de quibus potissimum loquimur, vbique sit eiusdem amplitudinis, id hoc modo examinari potest: immittatur ipsi columnula mercurii viui, atque haec per totum eius ductum lente moueatur, attendaturque, an vbique maneat eiusdem longitudinis vel non; erunt enim amplitudines longitudinibus inuentis reciproce proportionales. 4.) Oscillationes in tubo continuo fiunt minores, & ad quietem breui tempore redeunt, ob frictionem praecipue fluidi ad tubi parietes. 5.) Si crus foramine F perforetur, obseruauimus aquam inter oscillandum ibi effluentem. 6.) Si crura ad angulos rectos sint inclinata, habebitur longitudo penduli isochroni $= \frac{L}{2}$; qui casus est primo omnium Auctorum a *Newtono* consideratus,

ratus, ad explicationem motus vndarum, *Princip. Math. lib. II, prop. 44.* 7.) Si crus vtrumque faciat angulum 150°, erit longitudo penduli = L, ob p = q = ½; atque sic porro pro reliquis angulis.

33.

Vt nunc horum applicatio fiat ad theoriam vndarum, hæ quidem ita generantur. Si in fluido multum extenso, mari, lacu, fluuio lato, superficies, placida prius & plana, a vento, iniecto lapillo, vel alia caussa, e situ suo horizontali deturbetur, ita vt cauitates & eminentiæ alternæ conspiciantur: hæ commotiones vocantur *Vndæ*. Tales itaque vndæ ad libellam se iterum componunt quidem, sed ex impetu concepto, cui nihil obstat, in ea manere non poterunt, quia fluidum impressioni cuicunque facile cedit; conueniunt itaque cum oscillationibus fluidi in tubo recuruo. Videntur quidem vndæ sese mouere ex vno loco in alium, ad magnam distantiam vsque, sed hæc mera est fallacia sensuum; si enim in mari vndis agitatissimo e naue ancoris firmata proiiciatur in aquas corpus natans: hoc plane non prouehitur, neque vllus alius in eo motus conspicitur nisi sursum & deorsum factus. Vndæ autem continuantur aliquandiu, etiamsi ventus cessauerit, ob impetum conceptum, per frictiones sensim sensimque sedandum.

34.

Vndæ igitur per circulum quoquouersum moueri videntur. Fiat enim in aquam ho-
Fig. 9. rizontalem AD impressio violenta BGC; hæc fieri nequit, nisi aqua circumcirca eleuetur in BKF & CHE. Eleuata hæc aqua, extra æquilibrium posita, (P. II, 105.) subsidebit iterum, & quidem infra libellam, ob impetum conceptum; adeoque denuo eleuabit vndam sequentem, atque hoc fit per annulum in peripheria integra factæ impressionis initialis. Oritur itaque in hac integra peripheria aquarum alterna eleuatio & depressio annularis, in distantiam extensa, quæ oculos ita fallit, vt ipsæ vndæ e centro ad peripheriam subinde ampliores moueri, & progredi, videantur. Vocatur autem BF, vel CE, *latitudo vndæ*; quando ex CHE oritur depressio CIE, & per consequens ex depressione BGC eleuatio BMC, tum vnda visa est percurrisse totam suam latitudinem. Iam vero quid accidat vndis, si obstaculum aliquod ipsis opponatur: vid. *Gravesande Phys. Elem. Mathem. Edit. nouiss. p. 492.*

35.

Vndæ variæ, secundum varias directiones moueri visæ, sese mutuo non perturbant, quod amœnissimo spectaculo in stagno aliquo cerni potest. Quamcunque enim figuram aquæ superficies adepta fuerit ex

motu

motu vndæ: in hac figura denuo eleuatio & depressio datur, vti etiam motus talis, qualis ad motum vndæ requiritur, nempe oscillatorius. Patet itaque, qua ratione vndarum celeritas secundum *Newtonum* determinetur. Sit vnda eleuata in K, & depressa in G; fiet vt illa postea æque deprimatur in L, & hæc attollatur in M. Igitur res eodem recidit, ac si in duobus tubis, sibi contiguis, aquæ verticaliter insistentibus, aqua oscillaret. Sed in hoc casu pendulum isochronum est æquale dimidiæ longitudini aquæ motæ, (31.) quæ huc applicata proxime est KBG: vnda igitur oscillationes suas peragit, hoc est, latitudinem suam percurrit, aut ab alto K in profundum L peruenit, eo tempore, quo pendulum longitudinis $\frac{1}{2}$KBG = $\frac{1}{2}$*FKB* = $\frac{1}{4}$FKBGC, vnicam oscillationem perficit.

36.

Secundo agendum erit de motu fluidorum, quæ machinarum ope eleuantur, adeoque *machinas Hydraulicas* requirunt. Harum antiquissima videtur esse *Cochlea Archimedis*; hic enim, cum in Ægypto commoraretur, docuit Ægyptios modum agros ope cochleæ hydraulicæ, a se inuentæ, irrigandi, vt habet *Diodorus Siculus lib. I, cap. 3, & lib. V, cap. 9.* Descriptionem vero huius machinæ tradens *Vitruuius, Architect. lib. X, cap. 11,* nullam Archimedis facit mentionem,

vnde *Perralto*, in notis ad hunc locum, multo videtur esse antiquius *Archimede* hoc instrumentum. Construitur autem circumvoluendo circa cylindrum tubum in forma helicis, aut cochleæ, qui cylindrus ita instructus, ad horizontem inclinatus, & circumactus, aquas, quibus submersus est, orificio helicis inferiori continuo haurit, superiorique iterum effundit. Possunt hæ cochleæ etiam multiplices esse circa eundem cylindrum; & parua vi multum aquæ attollunt, vnde ad integros lacus exhauriendos commode adhibentur. Aliæ eiusmodi machinæ sunt, *situlæ catenis annexæ*, & rotis elatæ, quæ ex vna parte aquam hauriunt, superius emittunt, atque dein ex altera parte inuersæ & vacuæ descendunt; *Rosarium*, quo rursus rotis moto globi coriacei, per cylindricum tubum traducti, aquas attollunt; *Rota* tympano, vel situlis, instructa; & plures adhuc, quæ facilius ex delineatione quam descriptione addiscuntur; & quas videre licet apud *Vitruuium*, *lib.* X, *cap.* 9, *sequ.*

37.

Tertio dispiciendum erit de motu fluidorum ab aëre contiguo pressorum, huiusque actione eleuatorum; in quibus multo ingenio & veteres iam sunt versati. Declarabimus hunc modum per experimenta, vnde

de varias deinde machinas explicabimus. Immergatur tubus vitreus, non nimis amplus, aquæ; obturetur deinde digito orificium superius, & extrahatur tubus: observabitur, hunc aquam receptam omnem intra se tenere. Nam submerso tubo in aquam, patet ex Hydrostaticis, fore vt is repleatur ad altitudinem factæ submersionis. (P. II, 107.) Quodsi vero deinde digito fortiter obturetur superne, atque extrahatur in hoc situ, manifestum est ex Aërometricis, (P. I, 384.) aërem externum pressionem exercere in orificium inferius apertum, tam fortem, vt aquam eleuatam in tubo tenere possit ad altitudinem 32 pedum. Quodsi igitur aqua in tubo contenta non superet tot pedes, ab actione prementis aëris externi suspensa tenebitur, *in vase, quod aëri transitum denegat.* Cur vero *in tubis amplioribus* hæc aquæ suspensio non succedat, sed ea effluat: difficile videtur esse explicatu, quicquid aliqui dixerint de aëre sursum premente & viam sibi aperiente; *Sturm. Coll. Cur. p. 21;* de minori diametro sphærularum aquosarum quam aërearum; *Hartsoeker Curs. Phys. p. 151;* cuius contrarium statuit *Boyleus*, *vid. Journ. des Savans 1666, p. 425*, assumendo tamen illas his flexibiliores. Probabile est attractionem hic immisceri; cum enim attrahantur aquæ a vitro, (P. I, 242.) patet, si mediæ aquarum inferiorum guttulæ hære-

ant adhuc, propter anguſtiam tubi, in ſphæra actiuitatis attractionis, illas ſuſpenſas manere, ſecus autem fieri, ſi extra attractionem poſitæ fuerint.

38.

Præcedens tubus, cuius ope memorato modo fluidum ex aliquo vaſe hauriri poteſt, vocatur *Sipho*, *Heber*, *Ganskragen*, vid. *Harsdœrff. Delic. Mathem. Tom. III*, *p. 342*; vtque eo commodius ad hunc vſum applicari queant ſiphones, parantur ita, vt in medio ſint capaciores, quo plus aquæ vno hauſtu recipiant, ſed in vtroque extremo ſint anguſtiores, vt nempe digito commode obturari poſſint, nec fluidi quid ante remotionem digiti effluat. Vſus eorum egregius eſt in euacuandis liquoribus leuioribus, qui grauioribus ſupernatant, quod in operationibus Chemicis aliquando occurrit. Si fundus ſiphonis, amplior iam factus, occluſus ſit lamina latiori, exiguis foraminulis pertuſa, tum digito remoto aqua roris inſtar deſtillabit, adeoque ad hortos irrigandos commode adhiberi poteſt hoc inſtrumentum; vnde etiam tali caſu *Stürmio* vocatur *Clepſydra rigatoria*, aliis *Vas irrigatorium*; de quo plura vid. *Coll. Cur. P. II*, *p. 113. ſequ.*

39.

Capiatur iterum tubus cuiuscunque materiæ, non nimis amplus, vtrinque apertus, isque

isque inferiori suo orificio fluido immergatur; superiori autem orificio admoueatur os, atque sic aër ex tubo hoc exsugatur, obseruabitur, fluidum in hunc tubum rursus esse ascensurum. Omnis enim suctio ita peragitur, vt & os, & pulmones, extendantur. Quoniam igitur oris ad tubum admoti ope aër in tubo contentus communicationem habet cum pulmonibus: sequitur, eum in hos dilatatos irruere, atque sic supra aquam in tubo fieri rariorem, dum nempe iam per maius diffunditur spatium. Superabit igitur aër exterior, in superficiem aquæ stagnantis premens, hanc debiliorem aëris interni pressionem, atque fluidum impellet vt in tubum ascendat. Æquipollet igitur hæc pressio fere illi; quæ aquam ad 32 pedes eleuatam tenere potest. (P. I, 383.) Hoc etiam Instrumentum vocatur *Sipho*, atque sub variis formis confici solet, obseruatis iisdem, quæ in priori siphone fuerunt annotata. Si repletus is fuerit, & ore remoto celeriter digito obturetur orificium superius, poterit extrahi e fluido, nihilque contenti liquoris effluet. Quo vero pateat, aquam a pressione aëris externi in siphone hærere suspensam: sipho repletus superne obturetur cera; aut talis, qui superne hermetice sigillatus sit, per infundibulum repleatur; suspendatur deinde inuersus sub campana Antliæ Pneumaticæ, atque aër sedulo

 ex-

exhauriatur, obſeruabitur tum, aquam in ſiphone ſuſtentatam nunc ſenſim ſenſimque effluere; quod primus oſtendit *Sturmius*, *Coll. Cur. p. 108.*

40.

Tubi inflexi, ex quacunque materia confecti, quae aëri penetrabilis non ſit, alterum orificium aquae immergatur, alterum vero infra aquae ſtagnantis libellam deprimatur. Si iam ſugendo, aut quocunque alio modo, tubus hic, a parte orificii ſui liberi, aëre ſuo euacuetur, obſeruabitur, aquam per eum continuo fluere, quamdiu orificio ſubmerſo aqua ſuppetit. Sit enim aqua in
Fig. 10. vaſe ſtagnans BG, ducantur horizontales AH, DE, cum verticali BA; ponaturque altitudo Barometri aquoſi = *a*. Si iam ſuctione ſipho hic fuerit impletus modo priori, (39.) erit preſſio in crure minori, ex C in orificium A nitens, CF — BA — a; illa, ex aquis in CA contentis, internis; hae duae ab aqua externa & aëre ſimul; preſſio autem in crure maiori, ex C in orificium E nitens, CD — a. (P. II, 98.) Sin igitur illa ab hac ſubtrahatur, remanebit preſſio ex C verſus E adhuc reſidua CD — a — CF + BA + a = CD — CF + BA = CD — CF + GF = FD + GF = GD. Hinc patet *primo*, transfluxum ceſſare omnem ſi fuerit GD = o, quia hoc caſu preſſio ex C verſus E ceſſat praeualere. Hoc autem fit, cum orificium

cium E attollitur, vt veniat in libellam aquæ stagnantis BG. Vnde notandus est error quorundam, qui effluxum cessare statuunt si E veniat in horizontalem alterius orificii AH. *Secundo*, pressionem aëris se destruere vtrinque in B & in A. Fig. 11.

41.

Quamuis vero difficile explicatu sit, aërem durante etiam effluxu premere tamen in E: id tamen experimenta euincunt omnino. Nam si aër ibi non premeret, cum in B & A premat sine dubio eodem modo, ac si aqua 32 pedum incumberet: deberet aqua ex E erumpere celeritate debita altitudini 32 ped. + AB, quod experimentis vero plane contrarium est. Videtur quidem etiam sequi, aquam ad quamcunque altitudinem, etiamsi GD superet 32 pedes, effluere debere, quod tamen non fit. Sed notandum est, pressionem aëris efficere tantum, vt aqua in vtroque crure continua maneat, quod fieri nequit, si GD superet 32 pedes; vti *Sturmius* tentauit, deprehenditque, aquam sic non fluere, sed decidere vtrinque ad altitudinem 32 pedum, relicto vacuo intermedio apud C. Vocatur & talis tubus inflexus *Sipho*, *Zieher*, quorum adeo siphonum iam tres indicauimus; nempe illum, in quem fluida ex legibus æquilibrii Hydrostaticis intrant, atque clauso orificio superiori Fig. 10.

riori retinentur, quem proinde *Hydrostaticum* appellabimus. Istum, in quem aqua sugendo ascendit, & occluso orificio superiori iterum sustentatur, quem *Suctorium* appellare liceat. Denique hunc, in quem aqua sugendo inuitatur primum, sed per eum postea continuo fluit, quem *Hydraulicum*, aut *Fluentem*, nominabimus. Potest autem huius siphonis figura sic mutari, vt crura sint pro lubitu incuruata, & diuersis amplitudinibus prædita, eodem semper effectu. Patet ex modo dictis, altitudinem eius verticalem pro aqua 32 pedes non posse excedere; quæ circumstantia neglecta plurimos veterum Auctorum in errorem conjecit, vti *Heronem*; *Ioh. Bapt. Portam*; & aquileges omnes vsque ad *Galilæum*. Vid. *Sturm. Coll. Cur. Auct. p. 65*; dum nempe illi talis siphonis ope aquas e lacu supra montes altissimos deduci posse sibi persuaserunt, ex fuga naturæ a vacuo; sed irrito semper successu; tali enim in casu natura vacuum non abhorret, cuius & Barometrum quodvis est testis.

42.

Cum aëris pressio destruat se vtrinque in effluxu huius siphonis, (40.) videri quidem posset, eundem etiam fluere debere in vacuo, quod tamen non fieri exactissimo experimento comprobat *Celeberr. van Musschenbroek*, *Institut.*

Institut. Physicæ §. 1362. Aqua enim ob denegatam in vacuo pressionem continua manere nequit, (41.) sed ex vtroque crure delabitur. Quamdiu igitur aër sub campana residuus ad paruam aliquam altitudinem aquam potest eleuatam tenere, comprimet eam adhuc, & sipho vi ponderis aquei praevalentis fluet in illa altitudine, in maiori vero minime fluet. Possunt crura huius siphonis etiam esse æqualia, quod primus detexit *Iordanus*, ciuis Stuttgardianus, sed inventum celauit, donec illud a *Salom. Reiselio*, Archiatro Wirtembergico, fuerit publicatum iussu Ducis Wirtembergiæ; sed detectum antea iam fuit artificium hoc a *Papino* in Anglia. Talis vocatur *Sipho Wirtembergicus*, vel *Reiselianus*, ACEDB, cuius commodum est, vt extra vsum non euacuetur, neque præuia impletione, vel suctione, opus habeat. Creditum fuit, ante hoc inuentum, necesse esse vt crus vnum altero sit longius. Vsus eius multiplices sunt; veluti ad varia fluida transfundenda; ad efficiendum vt aquæ æquabiliter effluant, infigendo natanti suberi talem siphonem, vt eadem semper eius altitudo maneat submersa, quod horologio construendo aptum est, si aqua in vas regulare destillet. Adhibetur idem quoque ad efficienda *pocula vexatoria*, quæ non plena retinent, plena vero effundunt, omnem aquam, descripta iam Fig. 12.

ab *Herone*, *Diabetarum* nomine; ex inferiori orificio bibere quis potest, quantum cupit, sugendo, quo facto autem flatu repellat fluidum, vt sipho euacuetur, & fluere cesset. Construuntur quoque siphones *interrupti* dicti, quorum *simplex* aliquis est, vti Figura docet melius quam descriptio; in quo si epistomium A reseratur, aqua ibi contenta effluit, aëremque in B reddit rariorem, vt pressio naturalis & externi aëris in C praevalere iam queat, aquamque ex C in B attollere. *Compositi* siphones interrupti ex aliquot simplicibus componuntur, quibus putarunt aliqui eleuari posse aquas vltra 32 pedes, sed falso. Denique constitui possunt eiusmodi siphones, in quibus nulla suctione opus est, sed aër embolo extracto euacuatur, & reliqua maneant vt ante.

Fig. 13.

43.

Capiatur tubus, cuius cauitati insertus sit embolus mobilis, omnem aërem probe excludens. Hic tubus, depresso ad fundum vsque embolo, immergatur aquae, & embolus extrahatur, obseruabitur, aquam ingredi cauitatem tubi, omneque spatium ab ipso relictum implere. Talis machina, descripto se modo habens, & in praecipuis sui partibus cum antlia pneumatica conueniens, vocatur *Syrinx*, *Sprütze*. Manifesta est hic aëris externi actio. Nam, dum embolus

bolus attractus, & fundum relinquens, aërem externum irruere conantem, excludit: locum intra fundum & se vacuum efficit, vnde pressio aëris externi fortior aquam in hunc locum vacuum, neque resistentem, adigit. Cum igitur pressio aëris externi aquam altius nequeat attollere, quam ad pedes 32: (P. I, 383.) apertus est error hortulani cuiusdam Florentini, qui syringis ope aquam attollere conabatur supra 32 pedes; reperto autem irrito hoc conatu, ipse miratus rem *Galilæo* exposuit, qui exinde primam occasionem cepit pressionem aëris distincte cognoscendi.

44.

Eiici iterum possunt aquæ per syringem haustæ duplici modo, *simplici*, per orificium, in quod ingressæ sunt; & *composito*, per orificium inferiori altius positum. Si enim fundus syringis instructus sit orificio angustiori, quam tubus est, & embolus retroagatur cum vi aliqua: tum per idem foramen, quo ingressa est, aqua prosiliet, & celeritate quidem maiori, ob angustiam tubuli, per quem egreditur. (22.) Si vero aquæ per foramen fundo altius positum sint expellendæ, quod cylindrulum cauum habeat insertum, tum *valuula* vel *assario*, *Klappe*, opus est fundum instruere. Hæc igitur, embolo sursum tracto, a pressione aquarum aperietur, & has ad-

admittet; depresso autem embolo claudetur, & pressas aquas retinebit; quae igitur per foramen vbicunque factum prosilient, & quidem eo celerius, quo maior vis est easdem comprimens. Ex quo fundamento fontes suctorii facti sunt, e quibus aqua, iteratis & reciprocatis attractionibus emboli, superius tandem prorumpit. His autem ita constitutis syrinx ab emboli attractione aquas hauriet, a retroactione sola vero expellet, adeoque alternis tantum vicibus, aut per interualla, fluidum suum eiaculabitur; vt itaque continuo iactu aqua prosiliat: duplex talis adhibenda erit syrinx, vt, dum vna haurit, altera eiiciat aquam; embolis vecte quodam ex vna parte extractis, ex altera retroactis; qualis machina si fiat, vocatur illa *Ctesibiana*, tantopere depraedicata a *Vitruuio*, *Architect. lib. X*, cui hodierna organa, extinguendis ignibus inseruientia, siue *Hydracontisteria*, *Feuer-Sprützen*, vnice suam debent originem. Caeterum syringis actionem pressioni aëris externi vnice deberi, experimento comprobatur, si embolus eius in vacuo extrahatur, syringe immersa aquis angusto tubo vitreo infusis, quarum depressio, ex haustu syringis, eo facilius oculis cerni posset, si quis fieret.

45.

Immo etiam moueri possunt fluida aëris

facta compressione aliqua, quocunque illa fiat modo. Ita prosiliunt aquæ ex aucto aëris inclusi elatere, qui fortior est aëre externo; veluti si vas æneum repleatur ex parte aqua, tum vero aër in eo residuus antliæ pneumaticæ ope probe comprimatur, & postea epistomium vasi adiunctum aperiatur, aqua inclusa magno impetu in altum prosiliet. Simili modo, sed magis tecto, res peragitur in illo fonte saliente ingeniosissimo, qui *Fons Heronis* vocatur. Hic est vel simplex, vel compositus. Ille constat cylindro cauo BCKI, qui intus diaphragmate GH diuisus est in cameras duas, quas tubi ingrediuntur vti figura docet. Impleatur igitur, occluso epistomio, peluis cylindri superior BC aqua, quæ delabetur per tubum DE, cuius osculum in peluin hiat apud D, in cameram inferiorem EF, sufficientique copia hic collecta aëris partem expellet per osculum F in cameram superiorem BCGH, in qua hinc aër hoc iam artificio condensatur. Si igitur antea iam aliquid aquæ etiam infusum fuerit cameræ superiori, super hanc stagnantem aër compressus exstabit, & reserato epistomio per A expelletur, spectaculo satis iucundo; præcipue si vasculum superius vino tacite repleatur, inferius vero aqua; vt vinum aquæ ope prosiliat. *Compositus* autem *Fons Heronis* multo pluribus constat partibus, commodius igitur, ipso experi- Fig. 14.

peri-

perimento operatio eius demonstrabitur. Refertur huc etiam *Pila Heronis*, quæ constat sphærula caua AB, cui insertus est tubulus CD; huius ope, si aër primo fortiter exsugatur, & deinde orificium D subito aquæ immergatur, replebitur ex aëris externi pressione magna pars cauitatis aqua; cum postea aër per D fortiter inflatur, vt aër superior in sphærula valde condensetur, tum hic in fonticulo sibi iam relicto aquam rursus expellet ad altitudinem eo maiorem, quo magis aër fuit condensatus; vnde inseruire potest hæc machinula explorandæ fortitudini flatus oris. Aër inclusus ex calore prunarum viuarum, vel flammæ candelæ, elasticitatem suam valde intendit; (P. I, 364.) hinc præcedens pila aquas suas pariter eiicit, si imponatur aquæ calidæ; & similes machinæ confici solent, quæ aut prunis candentibus possunt imponi, aut candelas accensas ad latus gerere, vt ex eadem caussa aquæ emittantur in altum.

Fig. 15.

46.

Superest in his celebre adhuc experimentum, quod *Mariottus* inuenit, *du mouv. des eaux* P. II, pag. 363. Lagenæ vitreæ, cuius aliquod latus exiguo foramine sit pertusum, inseratur superne tubus vtrinque apertus, eo quidem modo, vt suberi transfixus tubus hic sursum & deorsum moueri commode possit, ex hoc autem motu nullus aër lage-

nam

nam ingrediatur, nisi is, qui per tubum apertum fluit. Repleatur hæc lagena aquis, atque tum obseruabitur, has ex foramine laterali largiter effluere, si orificium inferius tubi aperti sit supra hoc foramen lagenæ; si vero idem orificium tubi aperti fuerit infra hoc foramen: nihil aquæ effluere. Hoc experimentum ita explicatur. Consideranda est pressio in foramen E externa, & interna, quæ nimirum duæ sibi reluctantur, & quarum fortior aquas aut expellit, aut coërcet. In casu delineatæ figuræ pressiones aëris per tubum apertum AC, & super orificium E, vtrinque pro æqualibus sunt habendæ, neque adeo in considerationem veniunt; sed præterea nihil adest, quod premat, nisi altitudo aquæ CD supra foramen E. Ergo hæc erit mensura motus aquarum per E; quæ cum habeat in figura delineata situm positiuum; patet cur in hoc casu detur effluxus per E. Si vero deprimatur tubus infra D, fiet CD negatiua, vnde nihil effluet, sed dabitur pressio contraria, & tubus altitudine CD aqua replebitur, non repugnante aëre deorsum illabente; vnde patet quoque, cur aqua ascendens in tubo depresso, altius nequeat ascendere, quam in horizontalem ipsius foraminis. Fig. 18.

47.

Impleatur lagenula vitrea, angusto collo præ-

prædita, aqua pura; & calix vitreus, latiori orificio instructus, spiritu vini colorato; illius collum angustum immergatur superficiei spiritus vini, atque obseruabitur, hunc per aquæ medium ascendere, & aquam descendere, ad modum filorum subtilissimorum, aut potius vaporis alicuius. Idem hoc experimentum succedit quoque, si loco lagenulæ adhibeantur tubi vitrei graciles; in amplioribus vero cessat hic effectus. Ascendit hoc modo non solum spiritus vini per aquam, sed etiam aqua per mercurium, aqua dulcis per salsam, calida per frigidam, vinum per aquam, aqua per lac; v. *Coll. Cur. P. II, p. 40;* atque in genere fluidum omne specifice leuius per alterum specifice grauius; verum ita quidem ascendunt, vt secum non permisceantur. Recenset hoc experimentum iam *Galileus in Mech. Dial. I, p. 64;* miraturque, cur in tali phiala aqua repleta inuersa aër non ascendat, descendente aqua, cum tamen etiam sit aqua levior. (37.) Pro clepsydra horometra tales ampullas, vnam vino, alteram aqua, repletas commendat *Dobrzenskius in noua de fontibus Philosophia, edita 1659, p. 44,* sed inutiliter fere. Tale autem instrumentum vocatur *Transcolatorium*, Gallice *Passevin;* vid. *Poliniere Experiences p. 28; Nolet, Phys. Exper. T. II, p. 280.* Spiritus vini etiam sola leni infusione cum aqua mixtus anguillularum

instar

instar intra hanc decurrit, suisque spiris tenacitatem suam testatur; vti indicat *Boerhave Chemiæ T. I, p. 315.*

48.

Hoc præcedens experimentum a variis circumstantiis ita redditur inuolutum, vt difficulter explicari queat; at vero ad illud illustrandum hæc possunt inseruire. Primo, non recurrendum esse putamus, aut cum *Sturmio*, *l.* c. ad particulas aquæ lubricas & glabras, aëris autem, lactis, & aliorum, ramosas, vt ita lacti per aërem, hoc est, ramoso per ramosum, iter non pateat; aut cum aliis ad maiorem aut minorem partium inter se diuisibilitatem, quæ supponi debet particulariter in vnoquoque fluidorum genere. Secundo, quæstio versatur in extricanda caussa descensuum atque ascensuum fili modo factorum, non vero cum pressio maior & præualens ex ampliori vase quodam in inferius omne fluidum simul demittit ac infundit. Quærimus itaque, cur fluidum, in tubo superne clauso, contentum, supra aërem immediatum non effluens, (37.) admotum deinde superficiei alterius fluidi filorum instar defluat, & tenuius similiter in altum attollat; hocque phænomenon ab attractione vniuersali commodissime deriuari posse putamus. Combinatarum enim superficierum superioris angustioris, & inferio-

ris; particulæ se mutuò attrahent, aut non; sin hoc fuerit, manebit vtraque superficies in statu priori, non commiscebuntur, neque adeo descendent vel ascendent particulæ; vnde fit vt nec aqua, nec lac, ex angustiori tubo per aërem descendant, neque etiam mercurius per aquam, quia scilicet aëreæ particulæ non attrahunt aquosas, aut lacteas, neque aqua mercurium, vti ex aliis phænomenis constat. Sin autem particulæ se mutuo attrahant, veluti aqua & spiritus vini, aqua & vinum, aqua frigida & calida, &c. complectentur se illæ, atque mixturam vtriusque fluidi efficient, latitudinis etiamsi inuisibilis; in qua igitur mixtura particulæ grauiores natabunt in leuioribus, & leuiores in grauioribus; quare, hoc initio mixturæ ab attractione facto, reliqua omnia secundum leges ordinarias peragentur, vt nempe grauiores subsidant, leuiores pressione aëris externi adiutæ ascendant. Atque hinc, quia multæ particulæ contiguæ imum aut summum petunt, formantur fila; hæcque tortuosa, quoniam particulæ obstantes aliquando cedent ad latera ab impulsu facto; quæ quidem fila optime conspicua fiunt in tubulo capillari valde angusto.

49.

Si pressiones vtrinque considerentur, aquæ ex-

ex. gr. AC, & atmosphæræ externæ, quæ premit in B, dubium videri potest, qui fiat vt aqua AC decidat, cum tamen pressio aëris in eam agat, etiam per spiritum vini BC, & hæc pressio illam sustinere possit ad 32 pedes, qua longitudine nostri tubi multo sunt minores. Sed distingui hic debet inter pressionem *mediatam* & *immediatam;* illa manet inuariata, & ob eam perdurantem leuius fluidum in loca grauioris attollitur; hæc autem sequitur leges ordinarias pressionis maioris minorem superantis; quibus grauia descendunt in loca inferiora. Vnde etiam in tubo ABCD, in quo crus BC est horizontale, ex solo crure CD delabitur aqua, & spiritus eousque ascendit; quietis manentibus omnibus in BC, cum scilicet in plano horizontali nihil moueatur vi grauitatis; quod experimentum ingeniose instituit *Perillustr. L. B. de Wolff*, *Experim. Tomo I, §. 218*. Denique notandum est, mercurium non decidere e tubo, ex quo alia fluida decidunt, quia nempe partes ipsius fortiter & inter se cohærent, & a vitro attrahuntur, quod ex eo patet, cum tubus vitreus tanta difficultate a particulis mercurii adhærescentibus purgatur. Deinde obseruari potest ex his, quam subtiliter fluida quædam diuidantur. Nam fila illa descendentia & ascendentia nihil aliud sunt quam series globulorum fluidi, mira paruitate præ-

Fig. 16.

Fig. 17.

ditorum, quos, nisi in tali serie continua constituerentur, nudis oculis cernere nunquam liceret. Porro quoque sal commune, nitrum, & alia salia, quando in aqua soluuntur, diuiduntur in partes mirum ad modum subtilissimas. Cum enim aqua salsa filamentorum instar per dulcem descendit: (46.) sequitur quamlibet partem fluidi, inuisibilem fere, salis aliquid secum ferre debere; quam paruae autem sint hae partes, nemo imaginatione assequi poterit. De applicatione tandem huius experimenti ad tubum *Toricellianum*, (P. I, 384.) vid. *Sturmius in Colleg. Cur. P. I, p. 15; & P. II, pag. 39;* atque, ad diiudicandas methodos Barometra recte conficiendi; *Perillustris Wolffius, Experimentor. P. I, §. 213.*

50.

Aquae in scypho contentae superimponatur charta rotunda, atque supra hanc infundatur vinum leniter, subtracta charta apparebit, vinum aquae insistere sine permixtione. Hoc vero mirum esse nequit, quoniam superius fluidum, nempe vinum, leuius est inferiori aqua, & hinc pressione sua nihil efficere potest. Si dicas, hic etiam a particularum contiguarum attractione mixturam effici; (47.) verum id quidem est, sed talis est haec miscela, vt partes leuiores sint superiores, inferius autem iam positae

sint

sint gratiores, vnde nihil mutabitur. Sin autem celeriter, & vno ictu, infundatur vinum, aut fluidum leuius: tum permiscentur fluida, quia particulæ aquosæ, per allisionem in motum irregularem adactæ, particulas vini leuiores circumdant vbique, easque irretiunt quasi; vnde color ruber aquæ deriuandus est, si vino fuerit permixta.

51.

Elegans est experimentum quod memorat *Grauesandius*, *Phys. Elem. Mathem. Tomo I, p. 477*, quo duæ syringes inter se iunctæ, ita vt embolus vterque simul intrudi possit, infra habent adiunctos tubos æquales, sed graciliores, & se mutuo ad angulum rectum penetrantes, vt in communi aliqua portione confundantur *; quarum deinde vna repletur aqua rubra, altera autem aqua pura. Aut, quemadmodum factum legitur a *Du Fay* in *Memoires de l' Acad. de Paris 1736*, si adhibeantur duo infundibula A & B, epistomiis C, D, prædita, quibus apertis fluida proprio pondere pressa descendunt, & per canales ad angulum rectum se penetrantes, sed semiapertos, & vitro EFGH obtectos, transfluunt, vt oculis patere queat transfluxus. Si nunc ipsi A infundatur aqua rubra, & ipsi B pura, apertis epistomiis rubra transfluet per viam AILM, pura autem per BKLN; & vix sensibilis aquæ vtriusque permixtio deprehendetur. Occurrit Fig. 19.

 adeo-

adeoque hic reflexio particularum vtriusque aquæ ex collisione earundem facta; quæ hunc in modum demonstrari potest. Sit via particulæ rubræ AC, puræ autem BC, quæ si-
Fig. 20. mul exponant celeritates æquales vtriusque particulæ. Fiet ergo in C collisio earum obliqua; resoluatur ergo AC in DC ac EC; resoluatur etiam BC in DC ac FC; apparet, celeritatem DC manere saluam in particula vtraque, sed EC atque FC, sibi esse contrarias directe; quare particulæ, vtpote elasticæ, resilient eadem celeritate. Post collisionem itaque particula, quæ descendit per A, retinebit celeritatem illæsam CG = DC, ab ictu autem accipiet celeritatem CE, quare vtriusque actione simultanea capiet viam CH diagonalem rectanguli EG, hoc est, reflectetur per viam CH. (P. I, 106.) Sin autem tubi non perfecte se penetrent, sed stringant, aut tangant, modo: tum rubra aqua transit per viam AILN, & pura BKLM; vnde, hac ratione instituto experimento, in errorem coniectus *Varignonius* priori phænomeno contradixit, in *Nouvelles Conjectures sur la pesanteur, cap. 1. n. 16.*

52.

Fonticulus saliens egregius est hic, qui ita adornatur. Auferatur ex campana vitrea
Fig. 21. AD tubus BAC, & inuersa campana repleatur

tur aqua ad altitudinem paullo minorem quam AB. Iungatur iterum tubus prior BAC, contraque ingressum aëris muniatur. Restituatur nunc campana, & tubus BAC insistat vasi aqua repleto C; quo facto aqua campanæ infusa effluet per EF tubum, qui infra C multum debet protendi, ob rationem siphonis; (40.) hinc spatium BD aërem rariorem accipit, & consequenter aër externus pressione sua aquam per B insilientem reddit. Potest etiam aqua BE sugendo in F, in campanam allici. Si quodam artificio aqua per F profluens attolli posset in vas C, esset hæc machina perpetuum mobile. Commode adhibetur talis fons in tricliniis stratis, quia ab inclusis aquis nihil madescit; sed aqua colorata adhibenda est, vt eo melius illa a vitro distinguatur. Inuentus dicitur a *Comiers*, in *Journal des Sav. 1676, pag. 109;* sed describitur aperte iam in *Dobrzenskii Noua de fontibus Philosophia, edita 1659, pag. 48*, triplici modo nitide depictus. Qui idem hic auctor *pag. 64*, hunc quoque describit fontem salientem. Hemisphærium cauum ABC aquæ superimponatur, & deprimatur; tum aër condensatus ascendet per tubum DE in globum superiorem, atque aquam ibi contentam premet, vt hæc per orificium B ingressa in F exsiliat iucunde. Fig. 22.

53.

Fonte saliente aliquo semel constructo,

effici poteſt, vt aqua proſiliens varias induat formas, prouti lumini eiicienti aquas varii induuntur noui tubuli, diuerſis foraminibus aut crenulis diſtincti; *Auffsätze*. Atque ex præmiſſis hiſce principiis omnes reliquæ intelligi poſſunt machinæ Hydraulicæ, quotquot earum apud Auctores Practicos occurrunt, veluti ſunt, *vaſa concordiæ*, *lampas*, quæ ad aliquot menſes eandem ſemper affundat ellychnio quantitatem olei, cuius conſtructionem nouam inuenit *Boyleus*, *Journ. des Sav. 1682, p. 356*, atque ante hunc *Cardanus*, *vid. ibid. Memnonis ſtatua*; variæ *clepſydræ*, & horologia Hydraulica, occurrentia apud *Vitruuium*, *Archit. lib. X; atque in Journ. des Sav. 1676, p. 110*, talis, quæ inverti queat; *Tympana* aquis repleta, deſcenſu ſuo horas indicantia, de quibus nouiſſime ſcripſit peculiari tractatu Anonymus; *Organum* Hydraulicum, ex aqua lapſu ſuo ventum producente; *Rota Bremenſis*, &c. de quibus omnibus conſuli poteſt *Dechales in Mundo Mathem. Tom. III, pag. 145*.

54.

Afferemus adhuc problemata aliquot, quæ ex præcedentibus facile ſolui poſſunt; quorum primum hoc eſto, quod occurrit in *Perill. L. B. de Wolff. Elem. Hydraul. §. 45*. Detur mihi vas priſmaticum, de quo ſcio, illud tempore T horarum totum euacuari;

cum nempe aqua inferius ex orificio angustissimo, & pro infinite paruo habendo, effluit continuo; quæritur, quomodo huius vasis altitudo diuidenda sit, vt deinde hæ diuisiones singulas horas euacuatione indicent. Aut vero quæritur modus diuidendæ *Clepsydræ*, quibus ad distinguendum tempus Veteres vsi sunt. Quia tempus quo AD effluit, est $= T$; sit tempus quo BD effluit, $= t$; atque per regulam generalem in hoc casu, (21.) erit $T : t = \frac{CD^2 \times CA}{F\sqrt{CA}} : \frac{CD^2 \times CB}{F\sqrt{CB}}$ $= \sqrt{CA} : \sqrt{CB}$; vnde habetur $t = \frac{T\sqrt{CB}}{\sqrt{CA}}$, quod facile possumus exsequi. Sit enim ex. gr. $T = 5$ hor; & quoniam CA in partes quascunque æquales diuidi potest: diuidatur commoditatis gratia in partes æquales 25, quadratum ipsius T, quod in omnibus aliis exemplis imitari licet, erit sic $\sqrt{CA} = 5$, adeoque $t = \sqrt{CB}$; aut vero $CB = t^2$. Vt igitur nunc in hoc exemplo vas AD æquabiliter euacuetur, erit, ex supposito, tempus euacuationis AD 5 hor; euacuationis BD 4 hor; vt ita exinanitio AB in vna hora consequatur; tempus euacuationis ED 3 hor; ex quo exinanitio BE iterum fiet vnius horæ; atque sic porro. Sin igitur pro t supponantur successiue hi numeri, 5, 4, 3, 2, 1, orientur altitudines CB sequentes 25, 16, 9, 4, 1; hinc si, vti Fig. 23.

D 5 suppo-

supponimus, tota altitudo vasis prismatici diuisa sit in partes 25 æquales, erunt pro euacuatione horæ primæ AB assignandæ partes 9, differentia nempe inter 25 & 16; atque pariter, pro euacuatione horæ secundæ partes 7; pro hora tertia partes 5, pro quarta 3, pro quinta pars vnica. Vnde simul manifestum est, superficiem talis fluidi, præscripta lege effluentis, descendere motu vniformiter retardato. (P. II, 184.) Hoc Theorema est *Toricellii*, *de motu proiector. pag.* 202; quod deinde *Picardus* experimento comprobauit, *Histor. Acad. scient. Paris. lib. I, cap.* 4.

55.

Postquam igitur semel compertum est, in quolibet vase habente foramen effluxus minimum, si non infinite paruum, aquam ex illo emanare illa velocitate, quæ acquiritur in corpore graui cadente per altitudinem, quam aqua residua habet: facile erit inuenire naturam vasis conoidici, foramine ipsius tanquam vertice deorsum spectante, quod hunc præstet effectum, vt quouis momento summa superficies aquæ residuæ descendat æquabili celeritate, hoc est, semper eadem. Sit enim curua quæsita CMDA, quæ circa axem BA rotata vas desideratum præbeat; sitque abscissa quæuis AP $= x$, semiapplicata PM $= y$, altitudo vasis AB
Fig 24.

$= a$

$= a$, radius foraminis AD $= r$, semiapplicata suprema BC $= b$; atque erit celeritas, qua superficies PM descendit, ad celeritatem, qua tum superficies in foramine AD egreditur, vti amplitudo foraminis ad amplitudinem vasis apud PM. (22.) Sunt autem hæ amplitudines circuli, ex rotatione circa axem AB geniti; hinc sunt vti quadrata suorum radiorum; & celeritas fluidi egredientis tunc est $\sqrt{x}$, (5.) erit ergo celeritas superficiei PM descendentis ad $\sqrt{x} = r^2 : y^2$; vnde fit cel. PM $= \frac{r^2\sqrt{x}}{y^2}$. Cum igitur hæc celeritas debeat esse constans, & semper eadem, æqualis nempe illi, qua vas integrum repletum incipit effluere, quæ est $\sqrt{a}$; ponendum erit $\frac{r^2\sqrt{x}}{y^2} = \sqrt{a}$; ex quo deducitur natura curuæ quæsitæ, quæ vas optatum efficere potest, nempe $\frac{r^4 x}{a} = y^4$; quæ est Parabola biquadratica dicta. Vid. *Ioh. Bernoullii Dissert. Hydraulica*, *in Commentar. Acad. Petropol. Tomo X. pag. 256.* Quoniam in Italia fluuiorum extra alueos eruptiones valde sunt frequentes, præcipue in territorio Bononiensi, cuius pars optima & fœcundissima fere iam est inundata: factum est vt hæc ciuitas plurimos tulerit viros doctissimos in Hydraulica scriptis suis eminentes, quales sunt *Gulielminus*, *Manfredius*, *Rondellus*, *Zanottus*, *Matteuccius*, *Baccialus*,

&

& alii, quorum libri maximo cum fructu legi possunt in hac doctrina. Vid. *Iournal des Sav. d'Italie*, Tom. I, *pag.* 178.

CAPVT II.

DE MOTV LVCIS DIRECTO, SIVE DE OPTICA.

56.

Absoluta nunc celeritate actuali fluidi alicuius non elastici, quorsum aqua primario refertur: agendum erit de celeritate actuali reliquorum fluidorum superius (P. II, 6.) indicatorum, quae elastica sunt, ac *luce*, *aëre*, & *materia electrica*, comprehenduntur. Ab luce igitur hic faciemus initium; ex qua cum oriatur radius, qui triplex est, directus, reflexus, & refractus: (P. II, 6.) ille explicatur in *Optica*, iste in *Catoptrica*, hic in *Dioptrica*; quae scientiae hinc tribus capitibus erunt includendae. Illi adiungetur descriptio oculi, & oeconomia visus; ad finem huius autem adiicientur meteora ignea, & a luce pendentia. Quamuis enim hanc diuisionem *Barrowius* in *Lection. Opt. p.* 2, sibi non sequendam putauerit, quia in Optica de visione explicandum sit, quod tamen sine cognitione radii refracti praestari nequeat: facile tamen occurri huic incommodo potest,

est, si consilium *Rob. Smith*, *Optices systemate completo*, *Tractatu I*, qui inscribitur *Popularis*, ineamus, & demonstrationes ab experimentis deductas, iisque intellectu faciliorībus, & leui instrumentorum apparatu instituendis, Geometricarum abstrusionum loco sufficiamus.

57.

Ante vero quam ad ipsum hoc institutum accedamus, quæstiones quædam, & opinionum recensiones, erunt præmittendæ. De natura lucis opinio est *Aristotelis*, & omnium Peripateticorum, eam esse accidens; nam qui lumen corpus esse, vel substantiam, dixerit; eundem etiam vacuum in naturam inducere debere; quam quidem obiectionem nos minime reformidamus. *Secunda sententia* est *Epicuri* quondam, & postea *Gassendi*, qui lumen esse putarunt effluuium quoddam substantiale, a corpore lucido iugiter dimanans; vt taceamus *Dighbæum*, qui arte quadam a se colligi & præcipitari radios solares posse asserebat. *Mem. de Trevoux 1709, pag. 200.* *Tertia* est *Cartesii*, qui lumen dixit esse impulsum materiæ æthereæ secundi elementi, qui oriatur ab agitatione viuacissima corporis lucidi. Qui igitur cum *Aristotele* lumen esse accidens putant, has fere adducunt rationes: vid. *Dechales* in *Mundi Math. Tomo III, p. 456, edit. II.* Aër dum ex-

rene-

tenebris transit ad lucem: sine vlla diuisione aëris, sine vllo motu, lumen ab ipso recipitur; idem hoc etiam a crystallo durissima, in aqua continua, excipitur; ergo in eodem loco inuenitur, in quo aqua; est ergo accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non potest; (P. I, 28.) porro, si lumen non sit accidens, sed substantia tenuissima, omnia corpora diaphana, aut pellucida, veluti crystallus, innumeris poris peruia esse debent, nec poterit lumen transmitti nisi poros hos omnes inueniat in linea recta dispositos; &, quod addit *Du Hamel*, *Operum Philosoph. Tomo I*, particulae ipsae corporis in formam quincuncis sint dispositae. Sed in his falso supponitur motum, vel diuisionem, reuera non adesse, vbi nobis nihil eius apparet; & deinde, quanta sit porositas omnium corporum, densissimi etiam auri, ita quidem, vt in vnoquoque corpore plus sit pororum quam materiae propriae, iam satis supra est ostensum. (P. I, 35.) Constat praeterea magnam copiam lucis a superficie vitri politissimi reflecti, dum reliquum eius tantum per poros transire potest. (152.) Deinde, si lumen est substantia, tum instantanea eius diffusio comprehendi non potest: sed videbimus hanc diffusionem instantaneam hodiernis inventis Astronomicis esse refutatam. Tertio, si lumen esset substantia, tum particulae

culæ quædam eius sibi mutuo occurrerent, viamque sibi præcluderent, & impetum sisterent; quod est contra experientiam, qua docemur, lumen lumini non obsistere. Sed, quia particulæ lucis sunt elasticæ, illæ, quæ sibi directe occurrunt, permutatis celeritatibus resiliunt, neque adeo impetum sistunt; (P. II, 217.) quæ vero oblique colliduntur inter se, aliis etiam post collisionem celeritatibus & directionibus feruntur, nunquam tamen motus suos sistere possunt; lumen autem lumini ita obsistere posse, vt a mutuo impulsu radiorum quidam aliorsum deflectantur, nobis autem insensibiliter, negare nolumus. Quæ de imminutione solis, ex tanta lucis copia quotidie effluente; de immensa copia horum effluuiorum, vt *totum vniuersum impleant*; de astris nunquam in loco proprio spectandis; dicuntur: ad ea respondemus, circulationem lucis per totum vniuersum continuam esse statuendam, lucemque regredi ad fontem suum, solem, vti grauia in altum proiecta recidunt in terram; vid. *Celeberr. Musschenbr. Essai de Physique*, p. 514; radiorum solis immensam esse subtilitatem, & raritatem etiam eo maiorem, quo longius progrediuntur; & vltimum agnosci hodie ab omnibus fere Astronomis. Vnde iam nihil obstat, quin statuamus, lucem esse substantiam, materiam corpoream: longe

ge subtilissimam; quia omnes leges corporis sequitur, quales sunt, recta progredi, reflecti, hoc est, resilire ex occursu corporis, refringi, vti lapis in aquas proiectus; quæ accidenti competere minime possunt, experimentis autem manifestissimis luci tribui debent, nemo enim vnquam vidit ex. gr. frigus reflecti, vel humiditatem, aut siccitatem, siue colorem rubrum; cætera accidentia in subiecto suo quiddam imprimunt, quod non statim deleri potest, lux autem, subducto corpore lucido, ne minimum quidem sui vestigium relinquit; nec etiam vllum accidens ex vno subiecto in aliud commeare potest. Vid. *Barrowius*, *pag.* 4.

58.

Sed grauior quæstio occurrit hæc, qua ratione lux, a sole aut stellis ex. gr. ad oculos nostros propagetur, vtrum id fiat continuo per medium interpositum transitu, & per transportationem materiæ lucis, siue per effluuia longe subtilissima ad nos vsque pertingentia; vel an hoc absoluatur medii interpositi duntaxat impulsu a massa lucida facto, aut per vndas ætheris; quorum illius exemplum habemus in olfactu; (P. I, 213.) huius vero in auditu, vti inferius indicandum erit. Quæ igitur quæstio tota huc redit, an visus cum olfactu, an vero cum auditu, debeat comparari. Hæret hic mentis anxius

Bar-

Barrowius, *l. c. pag.* 5, dum non capere se posse fatetur, quomodo tantilla lux, exigua veluti lampas, tali tamdiu ſuppeditandæ effluuiorum incredibili copiæ par ſit, vt non confeſtim exhauriatur, & euaneſcat; cumque lucis reflexioni & refractioni vix nudus impulſus ſatis faciat; atque tandem in id propendet, vt cenſeat vtroque ſubinde modo lucem procreari, tam per effluuia corporea, quam per continuum impulſum. Illud *Empedocles*, & *Epicurus*, quondam ſtatuerunt, *Gaſſendus* poſtea, vna cum *Newtono*, ſagaciſſimo cæteroquin & feliciſſimo lucis inueſtigatore; hoc autem *Carteſius*, *Dioptricæ cap. I*; & *Hugenius*, *Tractatu de Lumine*. *Carteſio* quidem lux nihil aliud eſt, quam particularum inſenſibilium primi elementi, ſeu ignis puriſſimi, incitatiſſima agitatio, qua globuli ætherei ſecundi elementi vndequaque premuntur, & ad lineas rectas impelluntur; qui igitur æthereorum globulorum impulſus lux ab eo vocatur. Atque hinc, vti putat, lux in momento diffunditur, non ſecus ac ſi quis extremo baculi ſtellas, aut ſolem, immediate tangeret, eodem inſtanti hunc motum perciperet. Quod ipſum quoque eleganti experimento illuſtrauit *Hugenius*; (P. I, 219.) ſed cui ſententiæ ſtatim obiicit *Du Hamel*, *Aſtron. Phyſ. lib. I*, *cap.* 1, quid cauſſæ ſit, cur globuli ætherei cryſtallum penetrent, non item papyrum, quæ

multo & laxior est, & magis peruia? obiicit etiam *Clarkius*, in *notis ad Rohaulti Physicam*, *pag. 178*, ita futurum esse, vt lux ad omnia interualla propagetur in puncto temporis; obiicit *Celeberr. Musschenbroekius*, *Institut. Phys. p. 464*, ex hac hypothesi fluere, vt nusquam esse queant tenebræ; obseruamus enim, pressionem fluidi in omnes directiones propagari, quam oculus apertus noctu etiam perciperet, quod experientiæ tamen repugnat; obiicimus etiam nos porro, in subsidium hic vocari ætherem, vanum illud *Cartesii* figmentum, cuius existentia nulli sensuum potest comprobari.

59.

Sed hoc idem adhuc argumentum summus *Newtonus* ad explicationem hanc refellendam affert, *Princip. Philos. Nat. Mathem. lib. II*, *sect. 8*, *prop. 41*; de quo vide etiam *Whistonum*, *Præl. Physico-Mathem. p. 267*, vbi demonstrat ille, impulsus eiusmodi Cartesianos, cum per foramen in conclaue sint ingressi, ad latera statim diuergere, atque ad omnes conclauis angulos penetrare debere; quoniam scilicet quælibet medii elastici particula, in statum maioris condensationis redacta, non solum secundum eam plagam, vnde erat compressa, sese restituat, sed particulas quoque vicinas quaquauersus ad motum impellat. Vnde fit, vt sonus per fora-

men, in conclaue immissus in omnibus huius locis aequali fere vi exaudiatur; radii lucis autem, per foramen in conclaue intromissi, lucem in vna tantum directione repraesentent. Adde, quod soni propagentur pari facilitate per tubos incuruos, ac per rectos; sed lumen nunquam compertum est vias curvas ingredi, in eodem scilicet medio, aut in vmbram sese inflectere, vid. *Newtoni Optica.* Vnde maxime apparet, quae ingens diversitas intercedat inter propagationem soni & lucis.

60.

Lucem igitur ex quolibet corpore lucente perniciſſima velocitate exire, & per effluvia ad oculos nostros rapidiſſime moueri, sequentibus probant *Newtoniani*, aliique, rationibus certe grauiſſimis. *Primo*, ex observatis satellitum Iouis eclipsibus hoc a *Roemero*, *Caſſino*, *Halleio*, fuit demonstratum. Sit, enim A sol, circa quem moueatur terra in circulo BCDE; sitque orbitae Iouis pars QP, in qua huius globus F, & satelles intimus ipsum circumiens in sua orbita GHN. Proiiciet ita corpus Iouis vmbram FS, in quam satelles ingreditur, adeoque immersionem patitur, in G; egreditur autem, atque emersionem celebrat, in H. Satelles autem hic reuolutionem suam circa Iouem peragit proxime in horis $42\frac{1}{2}$, vid. Fig. 25.

Whistoni Prælect. Astron. pag. 210. Cum itaque, terra existente in B, emersio hæc conspici possit, patet, manente illa in B, post elapsas nouas $42\frac{1}{2}$ horas, nouam obseruatum iri emersionem, atque sic porro. Sin autem post *m* tales reuolutiones terra peruenerit motu suo annuo in C, fere ad coniunctionem solis & Iouis, manifestum est, effluere interea tempus $42\frac{1}{2}$ *m* hor, vt emersio conspiciatur in M, posita HM = HB; sed vt eadem incurrat in oculos apud C, longius remotum, maius tempus requiri, quo nempe spatium adhuc MC percurritur a luce renata satellitis, si modo lux successiue mouetur. At vero hoc ipsum obseruatum est iam sæpissime ab Obseruatoribus exactissimis, veluti *Celeberr. Bradleio*, qui tempus hoc, quo radius lucis integram orbis annui diametrum peruolat, deprehendit esse 16′ 26″, adeoque dimidium, quo nempe radius lucis a sole ad nos pertingit, 8′ 13″. Quæ obseruatio celeberrima cum quibusdam obiectionibus premeretur, eandem ab his perfecte liberarunt *Halleius* & *Poundius*, *Philosoph. Transact. Num.* 214 & 361. Quomodo experimento decidere suaserit *Galilæus* motum lucis aut instantaneum aut successiuum, vid. *Mechanicæ Dial.* I, p. 39.

61.

Secundo, Astronomi nostrae aetatis detexerunt in stellis fixis aberrationes quasdam, quae nec ab earundem parallaxi annua, nec a refractionibus, nec ab aliis caussis, deriuari possunt, nisi ab hac vnica, quae a motu lucis stellarum successiuo depromitur; quod praecipue ostendit *Celeberr. Eulerus*, in Dissert. inserta *Commentariis Acad. Scient. Petropol. Tomo XI, pag. 150*; & simul etiam *Celeberr. Bradleius, Philosoph. Transact. Num. 406.* Porro quoque lucem in motu particularum suarum positam esse, ex eo etiam perspicimus, quia nihil aliud est quam ignis per rectas delatus lineas, oculosque ingressus; (P. I, 335.) sed omnis ignis in summo motu particularum suarum positus est; omnia ardentia & lucentia nobis cognita ab hoc motu consumuntur ac tandem deficiunt, quod ab emanatione lucis & materiae combustae fieri necesse est. In fulmine etiam, velocissime moto, caput eius & finem distinguimus; quod *Galilei* est argumentum, *Mechanicae Dial. I, pag. 40.* Solis lucem, radiis tantum non parallelis ad nos delatam, vitri, & speculi, caustici ope faciliter ab hoc parallelismo detorquemus, quod sine motu radiorum peragi non posset. Separamus quoque & diuidimus radios solis per vitra concaua, & prismata; dirigimus eosdem quorsumcunque volumus; immo radii per di-

versa pellucida accelerantur & retardantur; quae omnia sine motu concipi non possunt. Vid. *Celeberr. Musschenbroekii Institut. Phys. pag. 462.*

62.

Cartesius autem motum lucis credebat esse instantaneum; & ad hoc probandum sequens adhibebat argumentum, teste *Hugenio*, *Tractatu de Lumine*, *1690 edito*, *pag. 4.* Sint A sol, B terra, huiusque orbitae pars BED; C luna, cum orbita sua CGMN; atque erit sic iam luna terrae in perfecta oppositione posita cum sole. Si nunc lumini tempore opus est ad spatium percurrendum, veluti vnius horae, vt perueniat ex B ad C; sequitur, terra haerente in B vmbram, quam efficit, aut interruptionem lucis, nondum peruenisse ad C, sed peruenturam demum esse post tempus, 1^h; cum vero noua hora opus habeat ad regrediendum ex C in terram, bihorium ante elabetur, quam vmbrae initium in luna spectari ex terra poterit. Sed interea terra progreditur in orbita sua ad E, vt percurrat arcum BE $4' 56''$; terra igitur in E sita videbit lunam eclipsatam in C, multum vero extra oppositionem iam positam, quod contra omnes est obseruationes. Si assumantur AE = AB = 12000 diametris terrestribus; BC = 30 earundem, angulus EAC = $0° 5'$, inuenietur angulus AEC = $145° 0'$ adeoque CEG = $35°$,

Fig. 26.

= 35°, qui certe valde esset sensibilis. Sed quam facile videmus falsum hic esse *Cartesium*. Ponit enim hanc propositionem: si motus lucis a terra ad lunam, tempore vnius horæ absoluendus, est contra experientiam: tum consequens est, quod lux moueatur in instanti. Negatur itaque hæc consequentia; nam si non requiratur plus temporis quam vnius minuti primi, tum CEG non erit nisi circiter 35′; si non requiratur plus temporis quam 10″, idem angulus erit circiter 6′, id quod obseruationibus exactioribus omnino conuenit generaliter, at motum quidem lucis incitatissimum, non autem plane instantaneum, deposcit.

63.

Neque etiam de *Newtoni* sententia demovemur per ea, quæ in *Opusculis varii argumenti*, *Berolini 1746 editis*, *pag. 169*, magno acumine contra eam sunt prolata; tentabimus enim diluere obiectiones profundissimi Auctoris responsionibus sequentibus. Primum argumentum est, si natura in translatione sonorum nullis effluuiis vtitur, sed ob distantias maiores alterum propagationis modum (58.) hic eligit: sequitur, eandem ad res multo remotiores cognoscendas eo magis hoc altero modo vsuram esse. Non sine summa ratione negamus hic consequentiam, quia gratis supponitur, naturam hanc optionem instituere ob maiores distantias;

quis enim, quæso, hoc nobis cognitum dabit? Nonne suauitas odorum, qui efflantur ex aromatibus insulæ Ceylan, procul etiam in oceano sentitur? ad distantiam ergo haud inconuenienter assumendam illam; ad quam sonus impetuosissimus tormentorum bellicorum exauditur, nempe 90 milliar. Italicor. aut $22\frac{1}{2}$ mill. Germ. vid. *Celeberr. Musschenbroekii Institut. Physicæ p. 613.* Contra verum autem ex hac analogia quis ita argueret; si olfactus & auditus ad eandem se distantiam extendunt; sequitur, vtrumque fieri eodem modo. Facile etiam est aliam excogitare analogiam sensuum, in qua visui tribuuntur effluuia. Res enim sentimus nobis aut contiguas, aut remotas; illas immediato contactu, vti in *tactu*, & *gustu*; hæ sunt aut intra atmosphæram nostram, aut extra eandem; si illud fuerit, sensatio fit aëris ope, per effluuia ab aëre vecta, vti in *odoratu*, aut per impulsum in aëre translatum, vti in *auditu*; si hoc exstiterit, excluso æthere, cuius figmentum reiicimus, per ordinem naturæ recidimus in effluuia immediata, non vecta iam aëre, sed a corpore lucente ingenti festinatione emissa. Tales autem analogiæ nimis sunt metaphysicæ, quam vt in physicis tuto statui quid ex illis possit.

64.

Secundum ita se habet: *Newtoniani* vacuum statuunt; sed per emanationem lucis omnia spatia cœlestia ita rursus hac materia constipant, vt illa denuo sint plenissima, adeoque sibi contradicunt; quoniam nusquam ne punctum quidem concipere licet, ad quod non indesinenter infinita radiorum multitudo tam ex sole, quam ex stellis, penetret. Respondemus, *Newtonum* statuisse vacuum, sed *disseminatum*, vix vero *coaceruatum*, quorum illud raritas radiorum, in ratione duplicata distantiarum a sole crescens (85.) plane non destruit, sed mirum potius adiuvat. Deinde, cum dicitur, ab omni corporis lucidi puncto ad quoduis medii punctum lucis aliquem radium dirigi; hæc ordinaria Opticorum suppositio, vt admitti queat, duplicem exigit limitationem, indicante *Barrowio*, *Lection. Opticar.p.* 7; vnam, vt puncti nomine non intelligatur punctum Geometricum, neque etiam omne Physicum, sed tantum admodum exigua quædam particula, qualem ferme minorem sensibus assequi nequeamus; alteram, vt non in quolibet temporis instanti, nec in omni reali temporis portiuncula, cogitemus hoc accidere, sed in tempore aliquo nobis insensibili. Quibus omnibus itaque vacuum Newtonianum maxime iterum restituitur, & contradictio imputata euanescit.

65.

Tertium habet : si materia lucis tanta pernicitate omnia spatia cœlestia peruolat; hæc erunt in statu perturbatissimo, ex quo planetis atque cometis maxima opponetur resistentia. Sed statum hunc perturbatissimum ex raritate lucis continuo increscente, ex immensa particularum lucis paruitate, & ex directione cuiusuis particulæ rectilinea, cum reliquis fere parallela, perspicere equidem non possum, adhibita præsertim limitatione *Barrowiana* modo allata (64). Quam vero nihil sit impetus ille, quem edere potest aceruus quidam particularum lucis in corpus magnum & densum, ex legibus collisionis corporum facile deduci potest.

66.

Quarto in theoremate *Newtoni*, quod supra adduximus, (59.) negatur sonum a foramine per totum conclaue dispergi, quoniam nemo in angulo conclauis sedens corpus sonorum in ipso foramine collocatum sit iudicaturus. Sed vti hic nihil contra demonstrationem *Newtoni* ipsam monetur, at vero ad experimentum conclusioni contrarium prouocatur : ita pace viri summi hoc experimentum agnoscere non possumus. Illud enim multipliciter a me institutum semper a me euicit, vt, in quocunque angulo vel pun-

puncto conclauis clausi constitutus essem, ibi & semper sonum a foramine ad me profectum esse iudicare debuerim; ex quo ad reliqua etiam circa hoc theorema prolata faciles oriuntur responsiones.

67.

Quimo, quod a flumine continuo radiorum lucis oriturum detrimentum solis spectat: huic supra iam est occursum. (57.) Neque particularum lucis exilitas quicquam in se tenet, quod naturae genio non esset accommodatissimum. Ex *Boyleo* ex. gr. discimus, vnum granum cupri solutum diuidi posse in minutias adhuc visibiles 2278800000; vid. *Celeberr. Musschenbr. Institut. Phys.* p. 19; hae vero multum adhuc aberunt ab vltimis particulis, in quas cuprum a natura diuiditur; ad has igitur obtinendas non erit nimium multiplicare numerum positum adhuc per 1000000, atque obtinebimus iam granum cupri diuidi posse a natura in partes 2278800000000000. Si nunc ponamus integrum radium a sole ad nos exporrectum constare ex particulis 1000000000000000000, quod assumit *Celeberr. Auctor*, *pag.* 179, & pondus etiam tenere vnius grani, tum deducetur particula lucis $\frac{1}{43}$ particulae cupri, in quo illi, quibus natura intimius perspecta est, nihil, vt spero, absurdi deprehendent.

68.

68.

Tandem nullo modo explicabile esse asseritur, quomodo duo, pluresue, radii ex diuersis regionibus, tam incredibili celeritate sibi occurrentes, in motu se non perturbent, siue per minimum foramen in cameram obscuram ingrediantur, siue ope speculi, vel vitri, vstorii in foco se mutuo decussent; vbi tamen nulla prorsus alteratio in singulorum directione percipiatur. At vero nemo negauerit, in eiusmodi angustiis lucem valde debilitari, vbi tam in arcto stipati alii alios excludunt, sed modo nobis insensibili, vt plurimae tantum parti transitus concedatur. Vnde enim, nisi ab hac caussa, oritur, vt sol per foramen acus subtilissimae mucrone papyro inflictum illaesis oculis conspici queat? ob radios nempe in tanta angustia sibi obsistentes & debilitatos; ob quam eandem caussam fit quoque, vt corpus paullo a foco antrorsum vel retrorsum remotum statim exardescere desinat. Si denique sagacissimus Auctor firmamentum theoriae suae potius quaerit in summo consensu suae huius explicationis cum phaenomenis: nos potius illa explicatione nitemur, quae inserta est *Commentar. Academ. Petropol. Tomo XI, p.* 150, in qua phaenomena a motu lucis successiuo orta summo acumine explanantur; non enim vsque adeo verum esse puta-

putamus, vt secundæ semper cogitationes sint sapientiores.

69.

His ita præmissis, condimus iam sequentem *Lucis* descriptionem: Lux est ignis, e corpore lucido subtilissime, & pernicissime, in eodem medio per lineas rectas, vel directe, vel reflexe, vel refracte, vel inclinate, in oculos nostros incurrens, atque sic efficiens, vt res extra nos positas videamus ope oculorum. Vbi quidem per *medium*, vel *diaphanum*, vel *pellucidum*, omne illud corpus intelligimus, quod radiis lucis transitum permittit, *opacum* vero, quod non; (109.) illius generis sunt aër, aqua, reliqua fluida fere omnia, vitrum, crystallum, gemmæ, adamantes; huius vero lignum, lapides, alia corpora densiora fere omnia, planetæ. Orta hic est controuersia inter *Democritum* & *Aristotelem*; ille censuit, si medium hoc nullum esset, vel per spatium vacuum radii lucis deferrentur, tum formicam in cœlo repentem conspici posse; a cuius sententia non abhorreret *Keplerus*, qui visionem medio impediri credidit. *Aristoteles* autem contendit, per vacuum, si quod esset, plane nihil videri posse. Pro *lucido* autem habemus omne id, quod suo lumine proprio radiat, aut ex se immediate lumen eiicit; pro *illuminato* vero, quod alieno lumine radiat;

radiat; vnde simul perspicitur, corpus illuminatum pro lucido haberi posse, si ad caussam primam solam respicias, eosdem enim illud cum hoc habet effectus. Noctu aliquid lucis emittere videntur corpora alias obscura, mare ventis agitatum; dorsum felis, collum equi, contra ductum capillorum trita; lignum, caro, piscis, putrescens; muscæ quædam volantes; oculi quorundam animalium; globus vitreus velociter circumactus & manu tritus; vermes lucentes in ostrearum squamis, vid. *Iourn. des Savans 1666, pag. 340 & 375*, nec non *1667 pag. 113*, vbi legitur, dari in insulis Antillis muscas lucentes, quibus dum viuunt, 15. dierum tempore, incolæ candelarum ope vti possint; lapides quidam calefacti; *l. c. 1683. p. 81*, & plura alia, quæ nihil aliud sunt, quam phosphori naturales. *l. c. 1719, p. 101.* Cum igitur lux efficiat, vt res extra se positas oculus videat: patet simul, sine luce nihil posse videri. Sed etiam nimius lucis splendor lædit oculos, & visionem impedit, humoresque necessarios exsiccat; vti *Democritus* clypeo æneo, contra solem posito, aciem oculorum sibi retudisse legitur, vt subtilius naturæ secreta rimari posset; & milites *Xenophontis* e niuis nimia refulsione graues noxas contraxerunt.

70.

De subtilitate particularum lucis partim iam dictum est, (67.) partim etiam eadem cognoscitur ex eo, quod spectator supine iacens in terra, per foramen chartæ acu inflictum, totum fere hemisphærium cœleste contueri potest. Ponamus foraminulum hoc capere 10 capillos humanos, atque per illud transire 10 milliones particularum lucis, qui numerus quam exiguus sit pro capacitate totius hemisphærii in oculos incurrit; adæquabunt ita 10 diametri capilli humani totidem milliones diametrorum particulæ lucis; hæc itaque non erit nisi $\frac{1}{1000000}$ diametri capillaris. Sed crassissima hæc adhuc est positio, cum per foramen tale plus quam billiones particularum forsan in oculos aduenjunt. *Candela accensa in apice turris posita noctu ad distantiam* $\frac{1}{2}$ *milliaris Germanici* conspicitur quaquauersum & ab omni parte, adeoque nullus in hac tanta sphæra, diametri vnius milliaris, locus physicus est, qui a flammula non accipiat suas particulas; quæ ipsæ etiam per vitra, & adamantes penetrant, quorum pori adeo sunt angusti, vt nullo hucusque microscopio detegi potuerint.

71.

Celeritas lucis exinde colligitur, quod ea inde a sole ad terram peruenit tempore

8′ 13″,

8′ 13″, (60.) hoc est 493″; est autem distantia terrae a sole 20618 semidiam. terrestr. pro parallaxi solis horizontali 10″; celeritas igitur lucis tanta est, quae in 1″ percurrat 42 semid. terrestres. Semidiameter vero terrestris est 19615782 ped. Paris. aut 20302398000 scrupul. pedis Rhenani; ergo 42 tales lux percurrit in 1″, hoc est, 852700716000 scrupulos pedis Rhenani. Nouimus, globum e tormento bellico explosum absoluere in eodem tempore 600000 scrup. ped. Rh; erit igitur celeritas talis globi ad celeritatem lucis vti 1 ad 1421168.

72.

Vt igitur de luce & eius motu agere distincte possimus, atque mirandas eius proprietates eruere: necesse est vt partes illius, ab immenso agmine quasi diuulsas, separatim consideremus, earundemque naturam indagemus. Talis lucis pars, vel fibra quasi quaedam, a sole ad nos extensa, a reliquo autem solis lumine separata, vocatur *radius lucis*, quem definiunt etiam *Dechales*, per totum illud lumen, cuius partes connexionem aliquam dependentiae inter se obtinent, quaecunque illa fuerit; *Iac. Gregorius*, *Opticae promotae pag.1*, per lineam rectam, in qua discurrunt corpuscula ignea, e corporibus lucidis ortum habentia; *Barrowius*, *l. c. pag.3*, per lucem a puncto radiante vel lucido, in medio

medio aliquo protenſam; alii per lucem in lineis rectis delatam; vnde, ob ingentem ſubtilitatem lucis, quilibet radius lucis per lineam rectam optime repraeſentari poterit, non quidem Geometricam, ſed cuiuscunque exilitatis Phyſicae. (64.) Ab hiſce radiis ſolaribus terram non foueri tantum & illuminari, ſed omnes etiam planetas circumduci in ſuis orbitis, & circa axes ſuos, credidit *Hartſoekerus*, *Curſ. Phyſ. pag.* 238.

73.

Ad talem ſolis radium contemplandum atque examinandum nihil magis conducit quam *camera obſcura*, quae, vi vocis, eſt locus vbicunque ſumma ſolicitudine tectus atque obſcuratus, immo, quod *Newtonum* feciſſe aiunt, intus holoſerico nigro obductus, in quem nulla lux, niſi a ſole per exiguum, modo maius modo minus, foramen intrare poteſt, qui deinde remoto omni alio lumine peregrino ſolus poteſt obſeruari, ab oculo in tenebris conſtituto. Huius inuenti auctor ab omnibus celebratur *Ioh. Bapt. Porta*, Neapolitanus, qui certe in *Magiae naturalis Libro XVII*, *cap.* 6, anno 1609 primum editae, illud dilucide deſcribit; de tali camera, tanquam re quadam noua, loquitur *Boyle*, in *Commentat. Procemiali*, *p.* 15; anno 1667 edita. Diuidi poteſt haec camera obſcura in *opticam*, quae nudo foramine

prædita est, sed paruo, pisi magnitudinem haud excedente; *dioptricam*, cuius foramen multo maius est, sed lente conuexa munitum, quæ imagines multo reddit distinctiores, & *Portæ* pariter iam erat cognita; in *magnam* & *immobilem*, quæ in integro conclaui exstructa est; *paruam* & *portatilem*, qualis etiam vocatur *cistula parastatica*. vid. *Wolff. Dioptr. p. 284.* Vsus earundem multiplex est, dum inseruiunt iucunditati, quia obiecta externa, vel etiam pictura, a sole probe illuminata, quod posterius fecit *Sturmius Colleg. Curiosi pag. 7*, in linteo expanso, vel charta extensa, distincte, & natiuis coloribus tincta, depinguntur quasi, & nitidissime repræsentantur; sed situ inuerso posita; hic situs erigitur, si foramini inserantur duæ lentes, vel speculi concaui, plani, aut prismatis vitrei ope; exprimit eadem etiam motus nauis, hominum, fulgura sclopeti explosi, ita vt pictura dici possit talis repræsentatio, quam nulla ars humana exprimere queat. Inseruiunt obseruationibus Astronomicis eclipsium, ac macularum solis, delineationibus rerum exactissimis, & ad viuum faciendis; præcipue autem explicandæ visioni, & naturæ lucis; quorum illud primus fecit *Keplerus* in *Paralipom. ad Vitellionem cap. 5, p. 168, & 178*; hoc autem *Newtonus* in *Optica*. Eædem imagines retroagi quoque possunt ad parietem papyro alba

alba obductum per ſpeculum concauum, quod *Grauesande docet*, *in Phyſices Element. Mathem. Tomo II*, §. 3304, & *I. B. Porta* invenit, *Magiæ Nat. lib. XVII, cap. 6.* Inuerſæ autem depinguntur imagines, quia in foramine nudo radii manifeſto ſe decuſſant; lens autem conuexa in ſuo foco omnes imagines inuertit, vti infra independenter ab his demonſtrabitur.

74.

In cameram igitur obſcuram intromittatur per exiguum foramen radius ſolaris, obſeruabitur, lumen admiſſum propagari per aërem a foramine vſque ad corpus aliquod opacum, viæ eius oppoſitum, in linea recta lucida, quæ iaceat in directum cum foramine & ſole ipſo; quæ recta examinari poteſt extenſione fili ſerici tenuiſſimi; aut etiam oculo prope extremum radii admoto, qua ratione rectitudinem regularum examinare ſolemus. Vocatur talis radius, immediate ex lucido profluens, *radius directus*, de quo *Optica* in ſpecie ſic dicta agit, quæ eſt ſcientia viſionis directæ, factæ per radium directum. Illa enim, quæ generalis eſt, verſatur generaliter etiam circa lineam viſiuam. Hinc igitur apparet, lumen moueri & propagari in linea recta; ſecundum regulas generales Mechanicæ, tamdiu, donec a nouis viribus impreſſis motus

 eius

eius alteretur, si nempe maneat intra idem diaphanum, vti hic in aëre eiusdem densitatis. Fluit hinc per se, *primo*, nihil videri, quod oculo non iaceat in directum; *secundo*, radios ex eodem puncto radiante exire diuergentes; *tertio*; quodlibet obiecti punctum radios innumeros quaquauersum diffundere; vnde fit vt scintilla lucens minima in omni puncto superficiei sphaericae circumiacentis videri possit, cuius centrum scintilla occupat; interiecto autem obice, in eadem linea recta, cesset videri.

75.

Radius solaris excipiatur in camera obscura speculo plano, deprehendetur radius hic a speculo retroactus, & quidem in linea iterum recta, sic, vt angulus, quem radius incidens cum plano speculi format, sit aequalis illi angulo, quem radius retroactus format cum eodem speculi plano. Est haec altera, elegans sane, lucis proprietas, legibus mechanicis generalibus plane conformis, quod nempe corpus a corpore repercutiatur, quae vocatur *Reflexio*; & radii ea pars, quae a sole, vel alio lumine, ad speculum pertingit, dicitur *radius incidens*, angulusque formatus ab hoc cum planitie speculi, *angulus incidentiae*; reliqua vero radii portio retroflexa, appellatur *radius reflexus*, & angulus cum plano speculi factus, *angulus reflexionis*.

flexionis. Fit autem reflexio lucis hac lege, quod generaliter tantum hic indicamus, vt *primo* angulus reflexionis æqualis semper sit angulo incidentiæ; & *secundo*, vterque radius cum perpendiculari ad planum, in puncto reflexionis ducta, sit in vno eodemque plano. Hæc reflexio fundamentum sternit illi Optices parti, quæ *Catoptrica*, vel *specularia*, audit, atque est scientia visionis reflexæ, seu illius, quæ fit per radios reflexos Instituitur experimentum variis modis; si semicirculus in gradus diuisus supra speculum erigatur; vel si tubus reflexus speculo sub æqualibus vtrinque angulis applicetur verticaliter; vbi, cum radius incidens per vnam tubi partem intrat, per alteram iterum exit.

76.

Radius solaris in camera obscura oblique incidat in aquam vase contentam, vel etiam in vitrum solidum, obseruabitur, hunc medium hoc densius non via in directum continuata permeare, sed in ipso introitu a recto itinere deuiare, & quasi frangi. Est itaque hæc tertia radiorum lucis proprietas, quæ *Refractio* appellatur, & semper locum habet, quotiescunque radius lucis ex medio tenuiori, quale aër est, in medium densius, quale est ex. gr. aqua, transeat, vel vice versa. Exemplum huius

refractionis quotidianum est, cum baculus rectus aquae ex parte, sed oblique, immergitur; hoc enim casu is, vbi aërem relinquit, & aquam intrat, fractus esse videtur. Eidem huic radiorum lucis refractioni adscribendus est effectus, quo moneta vasis fundo imposita, & a margine, oculo interea fixo, occultata, in conspectum redit affusa aqua. Ex quo patet simul, fieri posse vt radio refracto videat quid oculus, quod directo cernere haud possit. Talis ergo radius, a via priori recta deflexus, dicitur *refractus*, qui nouam denuo fundat scientiam, illam nempe, quae est visionis refractae, & potissimum lentes vitreas, ex quibus telescopia, microscopia, vitra caustica, construuntur, considerat, hincque vocatur *Dioptrica*, vel *Anaclastica*; quamuis *Aristoteles* per ανακλασιν intelligat & refractionem & reflexionem radiorum. vid. *Barrow*. l. c. pag. 6.

77.

Radius solaris, tenuissimus, in camera obscura excipiatur a scissura duabus aciebus chalybeis terminata, is hanc transibit, sed exceptus in distantia 5 aut 6 pedum a charta alba denuo, sistet imaginem suam, at vero ad vtrumque latus haerebit adiunctum adhuc lumen debile, lumini in caudis cometarum simile, cum sensibili distantia. Demon-

monſtratur hoc experimento lucis proprietas quarta, vi cuius radii lucis, iuxta corpora ſolida tranſeuntes, iterum a via recta declinant, & ad latus deflectuntur. Vocatur hæc, *Inflexio*, *Inclinatio*, *Diffractio*, radiorum, quæ primum a *Grimaldo*, circa annum 1666, detecta, ſed melius exculta deinde eſt a *Newtono*.

78.

His fundamentis omnium diſciplinarum Opticarum ſubiungenda eſt deſcriptio brevis oculi, organi illius viſionis, & inſtrumenti totius corporis animalis longe nobiliſſimi, quod viſibilia quæcunque animæ noſtræ repræſentat. Deſcriptio quippe non Anatomica, ſed, quæ inſtituto noſtro explicandæ viſionis conueniat. Hic quidem ſphæra ſatis exacta eſſet, diametri $11\frac{1}{3}$ lin. ped. Pariſ. niſi antrorſum tunica quædam pellucida promineret, retrorſum vero eadem adhæreret aliquantum neruo optico. Externe defenditur a duabus *palpebris*, inferiore & ſuperiore, mobili vtraque, & munita in extremo ſerie pilorum, qui *cilia* vocantur, ad auertendas externas ſordes & animalcula. Iam globus hic, tunicati cepis inſtar, variis circumdatus eſt inuolucris, quæ *tunicas* vocant Anatomici. Extimum tribus conſtat partibus, prima, quæ *tunica cornea* dicitur, prominente extra bulbum oculi ad ſimilitudinem vitri, quo horologia portatilia con-

teguntur, est cornu instar pellucida; hæc in recens natis infantibus multo est crassior, planior, & rugosa, minusque splendens; hinc, quia præterea humor aquosus illis deest, primis quatuor vel quinque septimanis nulli eorum vident. Huic annexa est tunica *adnata* vocata, quæ alba est, & reliquam oculi partem eousque ambit, donec capiti inseratur, quæ pars postrema huius inuolucri appellatur tunica *sclerotica*. Interius involucrum ex parte posteriore vocatur tunica *choröeides*, vel *vuea*, quæ sua nigredine oculi interiora perfecte obscura reddit; in parte anteriore autem, vbi a cornea aliquantum distat, habet *iridem*, variis coloribus cinctam, fuscam, cæsiam, fuluam, &c. pro temperamenti varietate, atque ætatis; ex fibrillis muscularibus contextam, qui per corneam translucent. Iris in sui fere medio tenet foraminulum rotundum, apertum, quod dicunt *pupillam*. Interius deinde choroëides obducta est tunica *retina*, vel *retiformi*, subalbida in ætate media, ex meris subtilissimis neruulis expansa, qui tandem omnes desinunt in *neruum opticum*, cerebro insertum.

79.

Quicquid spatii interiacet corneam inter atque iridem, illud vocatur *camera anterior*, quæ repleta est humore nihil fere ab aqua differente, qui & hinc *humor aquosus* dicitur

tur; aqueum hunc communiter dicunt, ſed hæc vox plane non eſt Latina, quod obſervatur in *Mem. de Trevoux*, 1703, *m. Nov.* Reliquum ſpatium, ab iride ad retinam vſque, appellatur *camera poſterior*, hæc pupillæ proximum tenet *humorem cryſtallinum*, lenticulæ microſcopicæ inſtar efformatum; cuius partem poſteriorem formæ Hyperbolicæ ſtatuit *Keplerus*, *Dioptr. prop.* 60. & *Paralipom. p. m.* 167. Quod ab hac camera deinde ſupereſt ad retinam vſque, illud impletur humore nouo, qui *vitrei* nomen habet, & mediæ conſiſtentiæ eſt inter aquoſum & cryſtallinum, cæterum vero ſumme pellucidus. Hæ ſingulæ partes optime repræſentantur per *Oculum artificialem*, quales ex ebore conſtrui ſolent. Si vero quis ad viuum ſingula contueri velit: is oculum bouinum congelatum medium biſecet, atque ſic examinet. Hoc artificium neſciuiſſe *Carteſium*, patet ex eius loco, *Dioptr. cap.* 3, in quo dicit: *Si qua arte poſſet oculus ita ſecari, plano per mediam pupillam tranſeunte, vt nullus ex eo liquor efflueret, nec vlla pars loco moueretur, talis eius ſectio appareret, qualem hæc figura repræſentat*; annotante *Godofr. Bidloo*, *de oculis*, & *viſu variorum animalium*, *pag.* 2, qui ſimul ſuadet, vt talis oculus capiti adhuc inſertus congeletur, exemtus deinde & biſectus in aqua tepida a glacie ſoluatur.

80.

Varia autem annotanda adhuc ſunt, quæ oculum reſpiciunt. *Primo*, pupilla tam admirabili prædita eſt ſtructura, vt a fortiore luce coarctetur, a debiliore autem dilatetur; cuius facile experimentum capitur, ſi quis ad feneſtram colluſtratam in ſpeculo pupillam ſuam aſpiciat, atque tum ſubito manibus ad tempora applicatis obſcuritatem aliquam circa oculos efficiat. Hanc principalem cauſſam eſſe putauit *Fabry*, *Synopſi Opt.* quod interdiu ſtellas non videamus, non quaſi lumen ſolis eas debilitaret, ſed quod ob coarctatam pupillam radii ab iis hanc nequeant ingredi ſub angulo ſatis ſenſibili. *Secundo*, aquoſus humor perpetuo reſorbetur, atque renouatur; piſcibus etiam plerisque deeſt, vtpote quibus videtur, in aqua ſubmerſis, inutilis eſſe. *Tertio*, humor cryſtallinus iterum incomparabili mechaniſmo ita ſuſpenſus eſt, vt pro rei neceſſitate ad retinam accedere, vel ab ea recedere, poſſit; mollior etiam, & magis conuexus, eſt in iuuentute, durior & planior in ſenectute; oculo ereptus candelæ accenſæ imaginem inuerſam in charta alba depingit; vti reliquæ lentes microſcopicæ ſolent. *Quarto*, choröeides in pecudibus non prorſus nigra eſt, ſed liuida, vnde in illis etiam pupilla non eſt atri coloris. *Quinto*, nihil repræſentationi obiectorum externorum in retina nocet,

cet, quod hæc non ſit perfecte plana, vti charta, vel linteum, in camera obſcura. Oſtendit hoc experimento magnifico *Maximilianus*, *Archidux Auſtriæ*, vti teſtatur *Scheinerus*, *Roſæ Vrſinæ*, *lib.* 2, ita inquiens: in palatio ſuo Oenipontano maximum globum, ad ſemidiametrum multorum pedum, exſtruxit, in quem introgreſſi admittebamus rerum externarum per lentem conuexam in parietem concauum ſpecies, quæ ob id ipſum longe ordinatius, & ampliore ſpatio, videbantur diſtinctius compoſitæ, quam ſi in ſuperficiem aliquam planam allapſæ eſſent.

81.

Quo magis itaque iam patet, totum oculi ædificiolum hoc conſilio eſſe factum, vt ſit firmum, tam inſe, quam aduerſus iniurias externas; quorum illud efficiunt cornea cum ſclerotica validam concamerationem comprehendens, hoc autem palpebræ cum ciliis; porro vt ſit venuſtum; ſingularem enim gratiam oculis largitur eorundem ſymmetria, hinc & inde æquali diſtantia locatorum, nec non iris cum pupilla, præcipue autem largiuntur palpebræ, mediocriter & leniter apertæ, vel potius aliquantum ſubmiſſæ, ac innumera alia, ex quibus animi indices dicuntur oculi; denique vt ſcopo ſuo ſit ex aſſe ſatisfaciens; omnia enim eo conuerſa ſunt, vt obiectorum externorum, tam propin-

pinquorum quam remotorum, imagines distinctissime repræsententur, atque in retina depingantur; oculus adeoque est camera obscura perfectissima, (73.) sed in compendium redacta, ad quod humores, vt nempe radii illapsi eo citius concentrentur per refractionem, optime conducunt. Et mirum sane est, diu cameram obscuram, legitimamque oculi structuram, ante fuisse cognitas quam vtriusque similitudo obseruaretur, explicantibus Physicis visionem, in genuina oculi cognitione, per radiationem & emissionem specierum visibilium in neruum opticum, minime vero per depictam imaginem, quam *Cartesius*, post quidem *Keplerum*, admirabundus adhuc allegat, *Dioptr. cap.* 5, *p.* 87; vid. præcipue *Heinlinus*, *l. c. p.* 705, & 716, vbi oculum cum camera obscura comparat tandem. Ab hac itaque obiecti cuiusuis pictura luminosa spiritus visorii, qui in neruo optico resident, afficiuntur, per quos quasi ad iudicium animæ de illis absoluendum præsentes sistuntur. Sola enim impressione, aut passione, ab obiecto illata, visio non peragitur; alias enim & specula viderent plana & sphærica, aliæque res, quibus species visibiles imprimuntur. Interim tamen absolute & Geometrice perfectus oculus nec est, nec esse potest. Deberet enim omnes radios e puncto lucido exeuntes congregare in vnum aliquod retinæ punctum, adeo-

adeoque hinc habere figuram aliam Geometricam, in partibus æque ac in toto, quam sphæricam; qualis vero in corporibus mutationi quotidianæ obnoxiis locum non habet. vid. *Iac. Gregorium, Geometr. parte vniverſ. p. 132.*

81.

Quæſtio apud veteres agitabatur, & in varias quidem partes diuiſa, num viſus abſoluatur radiorum ex oculis emiſſione, an vero eorundem ab oculis receptione. Viſum produci à radiis emiſſis, qui dein ab obiecto reflexi redeant ad oculum, Stoicorum mens fuit; *Empedocles* autem, *Plato* in Timæo, & *Euclides*, ſolam emiſſionem ſtatuerunt; veluti hic dicit *Perſpectiuæ ſuppoſ. 2*, ea videntur, ad quæ viſus perueniunt. Ex ſententia *Pythagoræ* ſpecies viſibiles exeunt ex obiectis, quæ valde extenſæ ſunt cum modo emittuntur, donec ad id paruitatis reducantur, vt oculis ſubire, & a mente ſic percipi queant. Inter hos *Galenus*, mediator eſſe volens, putabat ex obiecto pariter atque ex oculo effluuia egredi, quæ ſibi obuiam irent, ſeſe amplecterentur, per συναυγειαν, corradiationem, atque ſic redeuntia oculum ſubirent, mentemque afficerent. Sed omnes hæ ſententiæ ita comparatæ ſunt, vt hodie nec in ſuſpicionem veri venire poſſint. Itaque ſecundum *Ariſtotelem*

telem omnis visio peragitur radiorum receptione, introitu in oculos materiæ lucis subtilissimæ, (73.) ab obiectis defluentis, oculosque percellentis, quæ sententia olim erat *Democriti* atque *Epicuri*. Nam simili operatione omnes reliquæ eueniunt nobis sensationes, non quippe vt sensus in obiecta ferantur, sed vt hæc sensoriis sese imprimant. Nec quicquam in oculo deprehendimus, (78.) quod prædicta ratione posset emanare; is enim ad recipiendam lucem aptissimus est, sed ad progignendam & eiaculandam haudquaquam comparatus; alias enim in obscuro etiam res possemus videre. De *Tiberio* quidem hoc enarratur a *Suetonio*, *p. 209, edit. Gronouianæ 1698*; sed hic, & similes alii, casus non satis sunt examinati atque explorati, quam vt fides ipsis tuto adhiberi possit. De equis, vulpibus, multis auibus, & felibus inprimis, generalis est assertio, quod noctu videant; sed *Godofr. Bidloo*, *de oculis & visu var. animal. pag. 14*, felem oculis plane priuauit, & noctu eam esurientem recta, sine vllo anfractu, cum impetu ad depositam alicubi in conclaui escam decurrisse obseruauit; vnde conclusit, olfactu suo acutiore hæc peragere animalia, quæ visui inepte tribuuntur. A tergo denique lux ad oculos nostros refertur, quorsum nulla emissio radiorum fieri potest, si speculum adhibeamus.

83.

83.

Quæri etiam solet, cur duobus oculis præditi rem tamen non videamus duplicem sed vnicam tantum? respondet *Keplerus*, *Dioptr. prop. 62*, quia sensorium vtrumque similiter sit affectum; vestigium enim, quod dexter oculus sua affectione imprimit quasi sensui communi, plane idem esse, quod sinister imprimit sua; hinc nisi similiter vtrinque oculus vterque afficiatur, quod fit ex. gr. si alteruter digito ex situ naturali detorqueatur, obiecta videri duplicia. Tribuunt hoc quidam, ex sententia *Galeni*, concursui nerui vtriusque optici; sed veram hanc caussam esse non posse probat *Grauesandius*, *Phys. Elem. Mathem. tomo II, p. 806*, ex Chamæleonte, vnum oculum ad cœlos, alterum ad terras, dirigente, adeoque necessario obiecta duplicia intuente, quamuis idem, vti in homine, in ipso obseruetur nerui optici concursus. Putat adeoque hoc phænomenum soli deberi experientiæ, & consuetudini, quæ constanter nos docuit, inde a pueritia vsque, duas similes neruorum sensationes proficisci ab re vnica, adeoque duas sensationes cum idea vnica confundi. Idem quoque, *p. 805*, similiter ad hanc alteram quæstionem respondet, cur erecta videamus obiecta, quæ tamen in retina teneant picturam sui inuersam? hoc nempe iterum oriri a continua

ex-

experientia & consuetudine, quia videre est artificium, vsu acquisitum, & quia ideam obiecti aeque distincte considerare possumus, siue obiectum fuerit erectum siue inuersum. Ingeniose respondet ad eandem hanc quaestionem *Hainlinus*, *Opt. p. 717*; sicut in speculo quod dextrum est, imagini sinistrum fit, nec quisquam tamen iudicio inter dextrum ac sinistrum fallitur: ita nec hic metuendum, vt inuersionem hanc sequatur inuersa visio. Tertio notabile phaenomenum habemus in sole & luna, dum nempe haec ex. gr. prope horizontem versans maioris diametri apparet, quam quando altius ascendit, quamuis praecise contrarium reuera obtineat, de quo conuincimur si eandem telescopio intueamur, aut ex charta nuda complicato tubo; aut micrometro dimetiamur. Attribuit hoc vir acutissimus, *l. c. pag. 809*, quod luna oriens in vicinia montium & camporum, arboribus vel aliis rebus propinquis obsitorum, versari videatur, ad quarum rerum distantias inscii diametrum lunae comparemus, quam, cum in meridiano versatur, cum nulla re comparare possumus quoad distantiam, adeoque multo maiorem iudicemus ex hoc errore, quam reuera est. Aliam vero huius caussam allegat *Rob. Smith*, in *Opt. System. compl.* cuius extractus legitur in *Actis Lips. 1741*, *pag. 23*. Adscripserunt aliqui, vti *Gassendus* huius phaenomeni caus-

sam

sam pupillæ sese dilatanti & contrahenti; *Iourn. des Sav.* 1673, p. 254. *Cartesius* allegatam prius rationem fere secutus est; & lis magna circa hanc quæstionem orta inter *Regis*, & *Malebranche*, quorum ille ex refractione, a vaporibus in horizonte orta, auctam lunæ imaginem in retina putabat; *l. c.* 1694, *pag.* 85. Hic autem, *Recherche de la verité*, *lib. I*, *cap.* 9, *p. m.* 66, ita ratiocinatur: lunam, cum oritur, putamus longissime, immo vltra horizontem sensibilem, ad distantiam 10 milliar. a nobis remotam; quando vero ad aliquam altitudinem ascendit, eandem nobis putamus esse proximam, veluti ad distantiam 1 milliaris; cum vero in vtroque momento eundem ab ipsa accipiamus angulum opticum, & sciamus per experientiam, quæ sub eodem angulo videntur, eorum remotius esse maius, tacite subiungimus hanc illationem in animo, adeoque maiorem esse in horizonte credimus. Multis hinc & inde reciprocatis scriptis tandem Academia Regia Scientiarum sententiæ huic accessit, scripto attestato, contra quod autem prior valde protestatus est. *Iourn. des Sav.* 1694, *p.* 235.

84.

Referri huc etiam debent varia illa visus accidentia, e quibus dicitur homo *Oculis Valens*, qui pro ratione distantiarum clare & distincte

distincte videt tam remota, quam vicina; *Presbyta*, qui vicina confuse, remota distincte videt, quod senum plerumque vitium est; *Myops*, qui vicina distincte, remota confuse videt, quod iuuentutis plerumque est vitium; aut eorum, qui vitam sedentariam agentes literis incumbunt, vel aliis subtilioribus artificiis oculos ad propiora assuefaciunt. Hæ duæ denominationes sunt *Aristotelis, problem. sect. 31, quæst. 14 & 15.* Nec desunt exempla hominum, qui vno oculo presbytæ sunt, altero myopes, quale refert *Dechales, Opt. p. m. 412. Lusciosus* dicitur, qui neutra distincte, sed omnia confuse, cernit; Νυκταλωπες, qui in crepusculo melius vident, quam in plena luce. Valentes oculis fiunt, qui a pueritia venationibus, aucupio, nauigationibus, itineribus, sunt dediti, oculos assuefacientes ita ad remota; sed quia identidem cibum capere, cum hominibus prope colloqui, oportet, manet oculus in exercitatione ad propiora etiam respiciendi. *Kepl. Dioptr. p. 117.*

85.

Nunc tandem properabimus ad Theoremata, Problemata, atque etiam Experimenta quædam Optica; quæ vsus tam in scientiis, quam in vita humana, habent insigniores. Lux igitur, cum sit materia fluidissima, & tenuissima, certam quandam habe-

bit

bit densitatem, aut *intensitatem*, quae est quantitas ipsius vis illuminatricis. Cum igitur, in medio aliquo non resistenti, a puncto luminoso A propagatur per radios divergentes ABD, & ACE, erunt ipsius intensitates in ratione inuersa duplicata distantiarum ab A. Nam quantitas radiorum, in spatio ABC comprehensorum, intensitatem ibi aliquam lucis efficit; & minorem producit, cum eadem quantitas extenditur in maius spatium ADE. Et hae intensitates quidem in B & D sunt vti sectores similes ADE, ABC, (P. II, 95.) hoc est, vti $AD^2 : AB^2$. Lumen autem per radios parallelos delatum intensitatem constanter eandem retinet; per conuergentes autem similiter vt ante auget. Hinc, ex cognita ratione distantiae planetarum a sole, ratio intensitatis lucis solaris in vnoquoque determinatur. Sed probe notandum hic est, quod aër intensitatem luminis per ipsum propagati insigniter minuat atque debilitet; vti ex eo apparet, quia radii in cameram obscuram immissi tramitem lucidum visibilem efficivnt, qui certe ex reflexione in particulis aëreis facta, atque hinc ex imminuta, & ad oculos versa, luce exoritur; vnde generaliter simul patet, lucis particulas multo minores esse particulis aëreis. Fig. 27.

86.

Fig. 28. Si duos ſupponamus radios AB & AC, ex eodem puncto A egredientes, tali quidem anguſtia, vt angulum BAC forment vnius minuti ſecundi, poſito B recto: tum hi duo radii AB, AC, ad ſenſum paralleli in planum BC incidere ſtatuendi ſunt. Quod ex eo patet, quia nullum huius quantitatis angulum ſenſibus aſſequi, aut diſtinguere, poſſumus. Hinc igitur, vbicunque BC, ſe habeat ad BA vti 1 ad 206266; ibi radii ex A in BC incidentes habendi ſunt pro parallelis. Eſt enim BC : BA = tang. 1'' : ſinum totum, *per hyp.* = 48481 : 10000000000 = 1 : 206266; vnde conſtat propoſitum. Tangens autem 1'' acquiritur ex *Rhætici Canone Magno*, ad allegatum ſinum totum. Diameter pupillæ ſatis dilatatæ tenere ſolet diametrum $\frac{1}{7}$ digiti Rhenani; punctum igitur ab hac diſtans 0,15 milliaris Germanici, vel circiter $\frac{1}{7}$ eiusdem, radios in eandem parallelos mittit, computando pro milliari Germanico 22800 pedes Rhenanos, cum *Varenio, Geograph. Gener. part. I, lib. 1, cap. 4, pag. 29.* Si laxari aliquid velimus, ſatis tuto ſupponere poſſumus, radios etiam e puncto ſub angulo 30'' egredientes ad ſenſum adhuc eſſe parallelos. Atque tum erit BC : BA = 1454441 : 10 000 000 000 = 1 : 6875, vt adeo, ſub eadem pupillæ dilata-

latatione, requirantur 115 pedes pro diſtantia puncti, ex quo radii in pupillam paralleli illabuntur. Quanto magis ergo radii ſolis ex puncto quodam eiusdem exeuntes in ſpatium etiam aliquot milliarium German. omnes inter ſe erunt paralleli? Sequitur exinde porro, ſi diſtantia duorum obiectorum BC fuerit 1, atque vtriusque interuallum à me 206266, tum in hoc loco illa duo obiecta mihi apparitura eſſe tanquam contigua, non disiuncta, hoc eſt, me habiturum eſſe diſtantiam BC pro puncto. Detegitur autem deinde microſcopio hæc diſtantia, vnde fit, vt per hoc inſtrumentum appareant non contigua, ſed interrupta, quæ nudo oculo videntur contigua. Idem hoc vero in diſtantia 115 falſum eſſe deprehendi.

87.

Angulus ille BAC, quem intercipiunt duo radii BA, CA, ab extremis obiecti punctis in centrum pupillæ ducti, vocatur *angulus Opticus*, *viſorius*, aut *magnitudo* vel *diameter obiecti apparens*. Ita ſi ex. gr. BC. fuerit ſol, tum radii CA, BA, ab vtroque eius extremo in oculum A ducti conſtituent angulum ſenſibilem BAC, aliquando 31′ 38″, alia vice 32′ 43″, qui dicitur angulus ſolis opticus, aut diameter ſolis apparens. Multum enim intereſt, an radii educantur ex vno ſolis puncto ad pupillæ integram diametrum; Fig. 29.

an vero ex duobus punctis solis extremis ad pupillae punctum; hoc casu radii efficiunt angulum sensibilem; illo autem insensibilem, aut sunt paralleli. Iam vero generale Opticorum axioma hoc est: quae sub aequali angulo optico videntur, apparent aequalia; quod vero videtur sub maiori, apparet maius; sub minori, minus; quo *Euclides* iam vsus est in *Perspect. supp. 6.* dicendo: aequalia videntur, quae aequalibus angulis spectantur. Cum enim ex aequalitate vel inaequalitate imaginis in retina expressae (81.) de aequalitate aut inaequalitate obiectorum vnice iudicare possit anima; patet veritas huius axiomatis. Sol ex. gr. & luna aequales nobis apparent, quamuis vera magnitudine in immensum fere differant, quia nobis efficiunt eundem angulum opticum. Index horologii quiescere nobis videtur, quia angulum opticum in tempore paruo mutat insensibiliter. Hinc etiam turris parti superiori literae inscribi possunt, quae oculo inferius posito literis inferioribus appareant aequales.

88.

Fig. 30. Idem obiectum AB in vicinia C maius ergo nobis apparet, quam in longinquitate D. Ibi enim illud videmus sub angulo optico BCA, hic autem sub BDA; sed prior maior est, ergo in priori casu obiectum etiam maius

maius apparet. Praecedens axioma, cum hoc theoremate, non negat quidem *Lamy, Traité de Perſpective*, ſed ſtatuit id exinde oriri, quia radii obiectorum magis remotorum minus premant oculum; preſſionem vero hic inconuenienter vocat in ſubſidium. Eiusdem obiecti AB magnitudines apparentes, ſi fuerint valde exiguae, ſunt quam proxime in ratione inuerſa diſtantiarum. Nam illae ſunt vti anguli optici BCA, BDA; qui, ſi ſunt valde exigui, habebunt ſe vti ipſorum tangentes $\frac{AB}{AC}$ & $\frac{AB}{AD}$, hoc eſt, vti AD ad AC. Quae autem obiecta AB & FE ſub eodem angulo optico ADB videntur, habent magnitudines diſtantiis ſuis proportionales. Sunt enim triangula DAB, DFE, ſimilia; & hinc AB : FE = DA : DF.

89.

Fieri etiam poteſt vt duae rectae inaequales quomodocunque AB & BC, ſub aſpectum cadant tanquam aequales; ſi in directum illae fuerint ſitae. Infinitis modis ſolvi poteſt problema hoc, quod vnico tantum aliqui Auctores ſoluunt. Nempe, cum quauis multipla ipſius AB, ex A deſcribe arculum apud O; hunc ex C interſeca cum quauis aequemultipla ipſius BC in O, erit O punctum quaeſitum. Quia enim ſic eſt AO : CO = AB : BC; erit angulus AOC biſe- Fig. 31.

 ctus

ctus per OB, per *Euclidis prop. 3, elem. VI*, vndè AB & BC inæquales, aspicientur ex O sub duobus angulis opticis æqualibus, hoc est, apparebunt æquales.

90.

Fig. 12. Subtensa AB eadem aliqua circuli cuiusdam, ab omnibus peripheriæ punctis C, D, E, eiusdem magnitudinis apparentis conspicitur. Sunt enim singuli anguli ACB, ADB, AEB, & reliqui omnes, in eodem segmento ACDEB, ergo æquales, per *Euclidis prop. 21, elem. III*, vnde idem obiectum AB sub eadem magnitudine apparente conspicitur. Hinc etiam in spectaculis comicis commode subtensa actoribus pro scena, arcus autem spectatoribus pro theatro, accommodatur.

91.

Fig. 13. Si oculus O positus sit intra parallelas AE, BD, hæ in longinquo conuergere ipsi videbuntur. Distantiæ enim parallelarum, reuera eædem, AB, ED, oculo in O apparent sub magnitudinibus apparentibus AOB, EOD, quarum hæc minor fit, quo longius parallelæ producuntur; ergo distantiæ remotiores apparent oculo minores, adeoque parallelæ videntur conuergere. Et si longitudo parallelarum sit tanta, vt angulus DOE maior non sit quam 1'', abibit DE in punctum, (86.) & parallelæ videbuntur

tur plane coire ob extremam longitudinem, per hanc fallaciam opticam. Hinc fit vt spicæ agrorum longius remotæ densiores appareant positæ, quam viciniores; interualla enim earum sub minori angulo optico cernuntur, quam harum. Est hæc iam *Euclidis propositio 6, Perspectiuæ.* Atque si linearum AE, BD, oculo O debeat apparere parallelismus, requiritur vt rectarum loco adhibeantur duo arcus Hyperbolici similes & æquales, sed diuergentes.

92.

Ita planicies etiam ABCD, oculo altius in C posito, extrema versus apparebit eleuatior. Nam radius DO eodem modo oculum afficit, ac si ex E veniret, quia oculus iudicare non potest distantiam OD longiorem esse quam OC. Cum ergo D videatur in E, C in F, B in G, atque hoc in singulis reliquis punctis ita accidat: apparet, superficiem planam videri tanquam incuruatam AGFE, & extrema versus altiorem. Hinc mare ad litora stantibus in extremis videtur eleuatum; atque hinc etiam vocari solet: *altum;* quamuis reuera sit horizontale. Ex eadem ratione fluit quoque hoc: altitudinum maiorum, veluti turrium excelsarum, partes superiores, ex pari fraude Optica, debere videri inclinatas antrorsum. Fig. 34.

93.

Amplitudo tota anguli optici, ſub quo altitudo, vel diſtantia, aliqua in oculos incidere poteſt, continetur intra angulum rectum. Nam in linea infinita AZ, cui
Fig. 35. oculus O perpendicularis imminet, capiatur portio quantumuis magna AB, quam angulus opticus AOB comprehendit, qui minor erit recto, ob rectum ad A. Ergo, quæ vno obtutu oculus colligere poteſt, intra ambitum anguli recti continentur; aut, omnium angulorum opticorum maior dari non poteſt, quam rectus; neque imago in retina maior quam qualis ex hoc enaſcitur; vnde etiam intelligitur, quare obiectum magnum & propinquum vno obtutu conſpici nequeat. Probatur idem etiam experimento, ſi in plano horizontali delineetur
Fig. 36. angulus rectus AOB, is biſecetur per OC, atque in punctis indicatis paxilli recti infigantur, & verticales. Nam ſi oculum admoueas ad O, vt bacilli O & C ſe tegant: nullum extra crura anguli recti poſitum obiectum in oculum incurrere obſeruabis.

94.

Intueatur vnus oculus ſphæram; non poterit maiorem huius portionem viſui includere, quam quæ determinatur tangente
Fig. 37. OA. Videt igitur oculus in O partem hemiſphærii

misphærii superioris, quæ definitur angulo ACB, & inferioris tantundem; hoc est, illam totius sphæræ portionem, quam indicat angulus 2ACB. Sed ob rectum ad A, angulus ACB semper recto minor, & consequenter 2ACB hemisphærio minor; oculus igitur hemisphærium integrum nunquam conspicit, nisi sit in distantiam infinitam a sphæra locatus. Quo magis autem oculus remouetur a sphæra, eo minor fit angulus O, & eo maior angulus ACB, & 2ACB; hinc eo maiorem sphæræ portionem oculus obtutu comprehendit, quo longius ab illa distat. Est hoc iterum *Euclidis*, *Perspect.*, *prop.* 23. Aliter autem se res habet, cum ambobus oculis sphæram visu haurimus. Haud difficulter enim colligitur, quando diameter sphæræ distantiæ oculorum est æqualis, tum nos contuituros esse præcise dimidium sphæræ; plus autem, si distantia oculorum sit maior, minus vero, si hæc sit minor, diametro sphæræ. Vid. iterum *Euclides*, *l. c. prop.* 25.

95.

Si linea recta centro pupillæ in directum posita sit: tum illa non aliter oculo apparebit ac punctum vnicum. Nihil enim, præter punctum oculo obuersum, adest, quod radios in hunc spargere possit. Ita etiam superficies recta, & corpus, illa oculo in

in directum posita, hoc secundum vnicam sui hedram oculo obuersum, apparere debent ex eadem ratione oculo vti linea recta, ac vti superficies. Et pariter arcus qualiscunque iterum veluti recta; sphæra, vti circulus; corpora etiam angulosa e longinquo visa rotunda videntur; cum anguli in magna distantia visi euanescunt. (86.)

96.

Fig. 38. Incidat imago solis AB per foramen rotundum IL, ad planum DC, in camera obscura axi solis NM perpendiculare; formabitur in hoc plano a radiis extremis ALC, BID, imago rotunda, lucida, DC, sed dilutior, & minoris intensitatis, in extremis D & C, viuacior autem in medio circa M, quia nimirum ad confinia D & C non omnes e sole radii pertingere possunt; veluti radius ex p pertingit solum ad q, & sic reliqui etiam. Per medium foraminis K ducantur radii prioribus paralleli GKb, & HKa; quoniam igitur AC & aH sunt paralleli: censendi sunt emanare ex eodem solis puncto A; atque ita quoque BD & bG. (86.) Iam vero in spatium GH ex quouis omnino solis puncto radii perueniunt, per centrum foraminis K, adeoque illustrius hoc est, & veram solis imaginem continet. Quæritur itaque, quid pro vtroque spatio DG, CH, subtrahendum sit toti diametro DC, vt habea-

habeatur sola diameter imaginis solaris GH. Illud autem spatium annulare, latitudinis DG & CH, veram solis imaginem ambiens, quia vmbræ quid continet in se, & ex hoc ipso constat luce dilutiore, vocatur *Penumbra* imaginis solaris. Quoniam ergo *per construct.* est DG = IK, & CH = LK; IK autem = LK; patet, esse diametrum imaginis solis sine penumbra GH = DC — DG — CH = DC — IK — LK = DC — 2IK = DC — IL; a diametro igitur integra solis & penumbræ obseruata DC, subtrahenda erit diameter foraminis, vt ita relinquatur sola GH. Est ergo deinde angulus GKH, ortus ex bisectione radiorum in ipso foraminis centro K, & æqualis angulo AKB, ipsa diameter solis apparens; quæ ex captis mensura, recta MH = $\frac{1}{2}$ GH, & KM, ob angulum rectum in M, inuenitur per Trigonometriam planam, inferendo, vti KM ad MH, ita sinus totus ad tangentem anguli MKH, cuius duplum dabit quæsitam diametrum apparentem solis pro eo tempore. Vid. *Manfredii Gnomon merid. Bonon. pag. 8.* Foramen igitur tale veram solis imaginem immediate non commonstrat, nisi sit infinite paruum.

97.

Omne punctum lucidum A radiat in pupillam BC per conum luminosum, ABC, cuius Fig. 39.

euius vertex A, & basis pupilla. Quia enim ex puncto A ad quoduis pupillæ punctum licet ducere radium rectum: & hæc circularis est, patet assertum; & ille quidem horum radiorum, qui per centrum pupillæ transit AD, dicitur *Axis opticus*. Concluditur hinc, visibilia remota apparere obscura, nec bene distincta; quia nempe quodlibet eorum punctum radios emittit diuergentes, qui pro duplicata ratione distantiæ debilitantur; (85.) vnde etiam pictores, remota indicaturi, illa obscurius & indistincte depingunt. Ex hac eadem ratione fallaciæ etiam visus oriuntur sequentes, vt nempe conclauia parietibus dealbatis vestita, agri & montes niue tecti, minores appareant; corpora, sub crepusculum obscuriora, remotiora credantur; vt flammæ noctu visæ propiores videantur quam reuera sunt.

98.

Fig. 40. Si punctum luminosum A radiet per foramen angulare BCD, tum figura luminis, bcd, in plano foramini parallelo excepta, similis erit figuræ foraminis; ex transitu enim lucis per singulos foraminis angulos oritur corpus lucidum pyramidale, de quo ex Geometria constat, omnes sectiones eius inter se parallelas esse sibi similes.

99.

99.

1. Quo lumen solis, per foramen CDE quodcunque transmissum, remotius a foramine, plano huic parallelo, excipitur: eo magis ad circulum accedet. Testatur hoc experientia quotidiana; videmus enim lumen solis per rimulas quascunque, per hiatus inter arborum folia, transmissum efformari in circulum, cuius phaenomeni quaeritur ratio. Haec nulla alia est, quam quia sol ipse circularis est. Hinc enim radii a sole AB illapsi in foraminis, ex. gr. triangularis, punctum C, formant conum ACB a sole, atque alium oppositum aCb. Punctum E ita format conum à sole AEB, cum opposito cEd; & similiter punctum D illum ADB; & hunc eDf. Iam vero patet, si prope foramen sectio horum conorum oppositorum fiat, foramini parallela, tum fere prodituros esse vertices eorum, vel exigui admodum circelli, qui figuram aperturae referent. Sin vero longius a foramine talis sectio absoluatur: tum orituros esse circulos multo maiores, aequales, sese intersecantes, quorum extremi arcus ab vna figura circulari eo minus recedent, quo magis sectio distat a fenestra; praesertim si accedant adhuc sectiones circulares ex punctis intermediis α, β, γ, factae, vti ex delineatione patescit, qua eiusmodi circuli aequales Fig. 41.

sed

ſed maiores, in plano quodam deſcribuntur, in quo ipſo etiam iacet triangulum CED, cuius ſingula puncta illis totidem centra ſubminiſtrant.

100.

Ad omnem puncti phyſici perfectam viſionem requiritur, vt illud exiſtat in vtriusque axis optici concurſu. Probatur hoc experientia, cum ſcripturas legimus; licet enim totam intueamur paginam ſimul, nihil tamen eius non confuſe percipimus, exceptis aliquot tantum ſyllabis, quas diſtincte videmus in ſucceſſione aliqua, cum per oculorum motum eas continuo in concurſum axium opticorum collocamus. Deinde, ſi viſibile quod eſt in concurſu axis vtriusque optici, tum illud in punctum medium retinæ vtriusque, adeoque in vtrumque neruum opticum ipſum immediate, operatur, huncque perfectius afficit. Porro, quicquid perpendiculariter, aut fere ita, motu ſuo agit: illud fortius agit obliquo. (P. I, 115.) Denique, obiectum illuſtre perpendiculariter incidens in lentem conuexam, qualis eſt humor cryſtallinus, perfectiſſime depingitur pone illam; oblique autem incidens confuſiſſime. Hinc fit, vt oculo magnam rerum multitudinem videamus, isque habeat campum ampliſſimum, ad res videndas clare tantum ſed confuſe & indiſtincte;

valde

valde autem paruum & arctum est illud spatiolum, quo in tanto campo frui licet ad visionem exercendam distinctam. Illud autem superuacaneum tamen non est, sed summe necessarium erat, vt ne, quæ distincte contemplari & debemus & volumus, nimis diu & laboriose sint quærenda. Hic autem axium concursus in oculo valente multum extendi voluntarie potest, a dimidio nempe circiter ad centum & mille pedes. Atque ita etiam si ambobus oculis sanis punctum aliquod aspiciamus, distantia ipsius ab oculorum vtroque, h. e. ipsius locus, æstimatur secundum contorsionem axium vtriusque oculi, iudice *Iac. Gregorio*, *Opt. promotæ pag. 39.* Sunt enim bini dati oculi animantibus, non in compensationem alterius amissi, cum natura nihil iacturæ destinet, sed ad distantias rerum notandas, ex sensu contortionis oculorum. *Keplerus Paralip. in Vitell. p. m. 159.*

101.

Quoniam vero ipse hic axium opticorum concursus merum est punctum: nihil contueri distincte possemus præter punctum vnicum, nisi radii extra axes, angusto tamen admodum interuallo ab his distantes, ab axibus iuuarentur quasi, adeoque his fere æquipollerent. Hinc Optici, per concursum axium opticorum, pro arbitrio no-

ſtro determinandum, ducunt lineam rectam, oculis parallelam, quæ ipſis vocatur *Horopter*, hoc eſt, limes, aut terminus, diſtinctæ viſionis; tum prope huius concurſus punctum accipiunt hinc & inde ſpatiola valde parua, radios in oculum emittentia, qui cum axe fere coincidunt, ſpatiolum tamen arctum aliquod finitæ magnitudinis efficiunt diſtincte videndum, atque dein axiomatis loco pronunciant: quicquid in retina depingitur, eius nihil diſtincte videri, niſi quod fuerit in illa interſectione, quam format horopter cum recta ex retinæ puncto per centrum cryſtallini educta.

102.

Fig. 42. Ita ſi oculi vtriusque ducantur axes optici DA, EA, concurrentes in A, & per A recta BC oculis parallela, erit hæc BC horopter huius viſionis. Ac parallelus quidem horopter oculis ducitur, vt is horum vtrumque æqua fortitudine, & vtrinque etiam ſimiliter, afficiat. In parua ab A diſtantia radiet punctum *a* in oculum, quod quidem hac radiatione ſua conum efficiet ſupra pupillam, (97.) qui refractionibus poſt pupillam contrahetur in focum *α*; ob vicinitatem vero cum axe EA, *α* determinabitur etiam, ducendo ſolam rectam a*α*, per centrum cryſtallini tranſeuntem. Si nunc quæſtio ſit, vbinam oculus punctum *a* impreſ-

ſum

sum extra se videat? respondetur, id ibi fieri, vbi formatur intersectio horopteris cum recta, ex retinae puncto *a* per centrum crystallini ducta, hoc est in *a*. Si igitur horoptere in A iam determinato, obiectum in loco intermedio G extra horopterem statuatur, quod depingatur in retina per β & δ, illud oculus dexter videbit in B, sinister autem in C, per axioma praecedens; (101.) duplex igitur haec visio erit, sed confusa etiam, quia hi radii non iuuantur ab axibus, nimis nimirum remotis. Quod experimentum facile captu est, si, amborum oculorum obtutu in obiectum remotum defixo, stilum tenuem e regione nasi oculis interponas, quem tum duplicem, sed confusum, videbis. Vel sint etiam duae candelae, C, B, quae a charta perforata G, tribus pedibus distent, & ambo oculi sint in D & E, qui simul visuri candelas foramen G duplex conspicient. Patet hinc etiam, cur oculus res, quas distincte videt, non duplices, sed vnicas tantum videat, quia scilicet eas videt, non in duplici, sed in vnico, loco, nempe in concursu axium; sed interim tamen duplex imago ad cerebrum affertur ex vnico loco, quid hic consilii? (83.) Patet porro vtrumque oculum concurrere ad visionem distinctam, neque alterutrum eorundem fere semper otiari, vt ad eius operationem nullo modo attendamus, quae *Gassendi*, dicitur

citur fuiſſe ſententia, in *Dechales Mund. Math. Tomo III. Opt. p. 411, & p. 442*, vbi docetur horopterem per inſtrumentum exprimendi modus.

103.

Oculus in tenebris conſtitutus flammam, facis ex. gr. accenſæ, e longinquo viſam, maiorem putat, quam reuera eſt, & rotundam. Longe enim a flamma remotus nequit diſtinguere flammam ipſam a ſplendore, in aëre exorto, & flammæ circumfuſo, adeoque hunc flammæ ipſi inſcius adiicit, & conſequenter flammam maiorem eſſe putat, quam reuera, pro ſuo angulo optico, appareret; rotundam eſſe putat, quod aër illuminatus formam ſphæricam aſſumit, ac ſi a puncto lucido illuminaretur; niſi flamma teneat figuram valde oblongam. Candela noctu, depreſſis paululum palpebris viſa, apparet radios lucidos proiicere; cuius cauſſa in ſuperciliis ſita eſt; horum enim pili politi, ſpeculorum cylindricorum more efficiunt illam coruſcatam repercuſſionem. *Hainl. Opt. p. m. 734.*

104.

Motum ſequentibus modis videre poſſumus. *Primo*, ſi oculo immoto diuerſæ partes retinæ ſucceſſiue ab eodem obiecto afficiantur, vti ex. gr. muſcam volantem video; ac vti nauigantibus litora moueri videntur, quia nauem putant quieſcere reuera, dum nul-

nullum impetum ea facit, & res in ea omnes relatiue quiescunt. (P. I, 65.) *Secundo*, si pro obiecto distincte cognoscendo opus sit motu oculorum; *tertio*, si motis nobis ipsis obiectum quoddam situm erga nos suum non mutet; veluti dum luna nobiscum, aut sol, ambulare, progredi, regredi, videtur; *quarto*, si quoddam diuersis successiue partibus corporis alicuius immoti respondere videamus, veluti vmbram in luna aut sole moueri intelligimus, aut indicem in horologio; *quinto*, si corpus quod successiue sub maiori aut minori angulo optico percipiamus. Motum autem per se, & immediate, nec videri posse, nec esse obiectum oculi, ex eo patet, quia, cum locus non sit visibilis, nec etiam mutatio loci talis esse queat.

105.

Quae velocissime mouentur, nisi fuerint valde lucida, nullo modo videntur. Constat etenim experientia, bombardarum globos, si transuersim spectentur, plane non videri; si autem spectentur secundum lineam in qua mouentur, videbuntur quamdiu eidem oculi parti respondent. Illud autem fit, quia per reflexionem lucis in oculum factam videri deberent; at vero in corpore celerrime moto cessat talis reflexio antequam ad oculum vsque protendatur, cum amoto globo tollatur reflexio, consequenter nulla fiat visio.

106.

Quæ celerrime feruntur, si videantur, totum, per quod feruntur, spatium complere videntur. Multis hoc confirmari potest experimentis. Chordæ tensæ, vehementiorique impulsu celerrime vibratæ, totum spatium, ad quod se extendunt, vibrationibus occupare videntur. Accensus titio in orbem agitatus integrum circulum lucidum absoluit. Fulgur dimidium sæpe cœlum occupat, cum tamen simul in eo spatio non reperiatur. Hæc omnia & similia explicantur ex eo, quoniam imago obiecti retinæ impressa non obliteratur in instanti, sed aliquamdiu perseuerat; quodsi igitur ea tamdiu persistat, donec corpus in circulo motum ad prius punctum redierit, vt iam nouam impressionem faciat, & modo ante factam redintegret, hocque accidat in singulis circuli punctis: tum certe integrum circulum lucidum videre debemus; aut si in linea recta moueatur corpus valde lucidum, atque a singulis punctis factæ impressiones aliquo tempore perdurent, quo corpus celerrime motum insignem aliquam viam absoluit, tum corpus lucidum videbitur totum hunc tramitem descripsisse.

107.

Fig. 43. Si duo obiecta A & B, inæqualiter ab oculo O immoto remota, primo in *a* coniuncta videantur

deantur, deinde vero inæqualibus celeritatibus moueantur in rectis AC, BD, determinare illud, quod in hoc motu apparens sit futurum. Sit celeritas A talis, vt in minuto secundo percurrat *a* pedes, B autem *b* pedes: (P. I, §1.) Post tempus ergo *m* secundorum erit A in C, vt sit AC = ma, & B in D, vt si BD = mb; reducamus iam motum hunc vtrumque ad spatium aliquod commune $\alpha\beta$, cuius distantia ab oculo Oα sit pro lubitu assumta = 1, sintque distantiæ veræ ab oculo OA = r, OB = R; atque erit in triangulis similibus OAC & O$\alpha\beta$, r: ma = 1 : $\alpha\beta = \frac{ma}{r}$; & pariter R : mb = 1 : $\alpha\gamma = \frac{mb}{R}$; igitur post *m* tempus A apparebit oculo in β, B autem in γ, in distantiis $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$, allegatis; & in hac figura quidem post *m* tempus globus remotior B præcedet viciniorem A via $\beta\gamma = \alpha\gamma - \alpha\beta = \frac{m(br - aR)}{Rr}$; eritque celeritas apparens remoti B ad celeritatem vicini A = $\alpha\gamma : \alpha\beta = \frac{b}{R} : \frac{a}{r}$, scilicet vt spatia apparentia eodem tempore *m* percursa.

108.

Videamus nunc varios casus, quibus hoc problema potest accommodari. *Primo*, si celeritates vtriusque corporis fuerint æquales, erit a = b, adeoque post *m* tempus remotior

globus præcedet viciniorem quantitatẽ $\frac{ma(r-R)}{Rr}$, hoc eſt, quantitate negatiua, ob r < R; adeoque remotius pone ſequetur, & tardius moueri videbitur; eruntque celeritates apparentes remoti & vicini inter ſe vti *r* ad R. *Secundo*, ſi celeritates fuerint diſtantiis proportionales, erit a : r = b : R, adeoque br = aR; conſequenter globus remotior præcedet viciniorem quantitate nulla, hoc eſt, corpora manebunt coniuncta, & eadem celeritate apparenti videbuntur moveri. Si fuerit *tertio*, r = 1, R = 9, a = 3, b = 1, erunt celeritates apparentes remoti & vicini, = $\frac{1}{9}$: 3 = 1 : 27. Simili methodo facile deduci poteſt, ſi obiectum aliquod ſit immotum, ſed oculus mobilis, illud poſt momentum huic regreſſum appariturum eſſe.

109.

Corpus *Opacum* eſt, quod nec ipſum per ſe lucem emittit, nec etiam tranſitum lucis radiis permittit. Cauſſa autem, ob quam corpora quædam talia ſunt, non eſt inopia pororum, vndique in lineis rectis apertorum; ſed, vel inæqualis partium denſitas, vel pori aut vacui, aut aliena materia repleti, quibus fit, vt radii luminis inter transeundum innumeris reflexionibus & refractionibus, propter inæqualem attractionem, in ipſo corpore perpetuo detorqueantur, donec

nec tandem in ipſas corporis partes incidant, & penitus reſtinguantur. Vid. *Clarkius, annotat. ad Phyſicam Rohaulti, P. I, cap. 27, p. 180.* Vnde ſi interruptio partium repleatur materia aliqua, quae partibus ipſis par ſit, aut non multum inferior, denſitate: corpora opaca pellucere incipiunt, vti charta, linteum, oleo aut aqua illita; vitrum vero in puluerem redactum, aut aqua ipſa in multas bullulas coacta, ex pellucidis fiunt opaca.

110.

Cum igitur, vti ſilentium ſoni, ita etiam *Vmbra* ſit lucis, priuatio, ob interpoſitum corpus opacum; eaque vel priuatio totalis, vti ſunt tenebrae denſiſſimae, vel vmbra mera; aut partialis, qualis vmbra non eſt niſi lux debilitata, quae videri adhuc poteſt, veluti ſi globus vitreus aqua repletus, ſoli oppoſitus vmbram tenuem proiicit; cum tenebrae merae, quia nihil lucis emittunt, videri plane non poſſint: patet, quodlibet corpus opacum poſt ſe in partes luci oppoſitas, proiicere vmbram, in directum poſitam cum radiis, a quibus illuminatur; quia nempe in has partes a lucido nulli pertingere poſſunt radii. Ingenioſe autem docuit *Keplerus, Dioptr. prop. 14,* vmbras contra ſolem proiicere, ope quidem corporis pellucidi, nempe cubi cryſtallini. In tali

enim sit apud B, in superficie cubi, corpusculum opacum B; radii igitur oblique incidentes, & vmbram extrinsecus ambientes, incident iuxta AB, refringentur in C, atque ibi maximam partem reflectentur in D, vbi, post nouam refractionem, vmbram terminabunt in directione DE, quæ contra solem in A positum progreditur. Pronum quoque est intelligere, omne opacum tot habere vmbras, quot adsunt lucida illud illuminantia; vmbramque esse intensiorem, si lumen fuerit intensius. Insuper adhuc vmbra sphæræ opacæ, quæ lucidæ exposita est, erit cylindrica, si hæc illi æqualis, conica, si hæc maior, & calathiformis erit, aut coni truncati formam referens, si hæc fuerit minor. Cæterum vmbra non mouetur, nam in priuationem motus non cadit; videtur autem moueri moto vel lumine, vel opaco.

Fig. 44.

III.

Fig. 45. Sphæra opaca T minor exposita sit sphæræ luminosæ maiori S, in distantia centrorum ST; quæritur illius arcus illuminatus BIF, & huius arcus illuminans AHE. Problema hoc exemplo particulari maiori luce perfundetur; ponamus ergo T esse terram, S vero solem. *Primo* manifestum est, radios vtrinque illuminantes vltimos E F & AB, esse vtriusque globi tangentes; ex punctis contactuum ducantur ergo radii SA, TB, qui

qui cum AB in A & B rectos efficient; tum sit quoque GD parallela ipsi AB; atque erunt quoque D, & KTB, recti. *Secundo* igitur in triangulo rectangulo SDT, fiat, vti ST ad sinum totum, ita SD, quae est differentia radiorum vtriusque globi, ad sinum ang. ITK. Est autem, pro parallaxi solis horizontali 10″, distantia solis a terra ST = 20626 semidiam. terrestr. & semidiameter terrae ad semidiametrum solis vti 109 ad 10000, vid. *Grauesande Phys. Elem. Mathem. p. 1013*; hoc est, vti 1 ad 92; sin igitur fuerit radius terrae = 1, erit radius solis = 92, & differentia radiorum SD = 91. Erit igitur

log. ST	- - +	4. 3144150
log. sin. tot.	-	10. 0000000
log. SD.	- -	1. 9590414
		11. 9590414
log. sin. KTI	-	7. 6446264

cui respondent in Tabulis 0° 15′ 13″, vt adeo angulus complementi DSH = 89° 44′ 47″ cuius mensura arcus AH, & huius duplum AHE, arcus illuminans, = 179° 29′ 34″. Idem angulus KTI addatur ad rectum KTB, prodibit angulus ITB, vel arcus BI = 90° 15′ 13″, cuius duplum BIF erit arcus illuminatus 180° 30″ 26″; in hoc ergo casu pars illuminans solis minor est hemisphae-

misphærio solis, & pars illuminata terræ maior est hemisphærio terræ. Ex qua solutione simul patescit, si sphæræ fuerint æquales, fore & partem illuminantem & illuminatam æquales; si vero sphæra illuminans sit minor, tum eius partem illuminantem maiorem esse ipsius hemisphærio, & illuminatæ minorem suo hemisphærio.

112.

Ex eadem delineatione perspici quoque facile potest, quomodo ex iisdem datis longitudo vmbræ veræ TC a centro sphæræ opacæ, siue etiam axis coni huius vmbrosi GC, inueniri debeat. Instituatur enim analogia, vti DS, differentia semidiametrorum, ad ST, distantiam centrorum, ita BT semidiameter sphæræ opacæ, ad TC;

log. DS	— —	1. 9590414
log. ST	— —	4. 3144150
log. TC	— —	2. 3553736

cui respondent in tabulis $226\frac{66}{100}$ semid. terrestres pro distantia apicis C vmbræ terrestris a centro terræ T. Quodsi vero axis solùs vmbræ GC requiratur, ex angulo TBG = ITK computanda est recta TG, eaque ab inuenta TC auferenda.

113.

Vmbræ porro auxilio altitudinem solis supra horizontem in tabula horizontali reperire

perire possumus, cui stilus verticaliter est infixus. Instituatur enim sola hæc analogia, vti longitudo vmbræ est ad altitudinem stili, ita sinus totus est ad tangentem altitudinis solis supra horizontem. Possumus etiam ex ædificii, turris, vel alterius obiecti eleuati, vmbra in planiciem proiecta metiri eiusdem altitudinem; si in eadem planicie erigamus stilum arbitrariæ magnitudinis, huiusque vmbram longitudine capiamus. Erit enim sic, vti longitudo vmbræ stili ad altitudinem huius, ita longitudo vmbræ obiecti ad huius pariter altitudinem, ob triangula vtrinque similia; & hac ratione quidem *Thales* iam apud Ægyptios pyramidum altitudines ex umbra earum est dimensus; *Laërt. lib. I.* Quod idem etiam problema *Euclides*, & quomodo pariter, sine sole, ope speculi altitudo quædam cognosci possit, suæ *Perspectiuæ* siue Opticæ inseruit, *Theorem. 18 & 19.* Manifestum autem hinc esse potest, quod, sole supra horizontem gradibus 45 eleuato, vmbræ obiectorum omnium obiectis ipsis suis sint æquales; & quod sole occasum versus inclinante, aut ab ortu parum remoto, vmbræ sint longiores, crescentes ibi, hic decrescentes, vnde vesperi semper, secundum *Virgilium*, maioresque cadunt altis de montibus vmbræ. Tandem quoque, ob ipsos hos vsus vmbræ Geodæticos, vmbra diuidi solet in *rectam* & *versam*; illa est, quæ

sit

fit in plano horizontali, ab obiecto verticaliter erecto, quales sunt hominis stantis, arboris, turris, montis; hæc vero, quæ fit in plano verticali, ab obiecto horizontaliter posito, vti brachii ab homine extensi, stili muro horizontaliter infixi.

114.

In camera obscura ponamus res propinquas distincte super charta repræsentari, vt nihil desit; iam vero si res etiam remotæ debeant recte exhiberi: mutatio necessario est instituenda aut chartæ, aut lentis; illa enim propius ad lentem debet admoueri manente lente; aut hæc debet vel planior reddi, vel ad chartam accedere, manente charta. Vnde mutationem contrariam inducendam esse aut chartæ, aut lenti, patet, si rebus longinquis iam nitide depictis, de rebus propinquis idem etiam desideretur; quorum vtrumque experientia æque certa ac facili constat. Cum igitur oculus camera obscura sit perfectissima, (81.) in quo retina chartæ, humor crystallinus autem lentis, vices gerit: euidens est, si res propinquæ in retina depingantur eximie, hoc est, oculus res vicinas rectissime videat, commutationem oculi pariter requiri, vt longinqui quid recte is contueatur. Hæc commutatio ergo referenda erit aut ad retinam, aut ad humorem crystallinum.

115.

115.

Si referatur ad retinam, hæc modo accedere debet ad humorem cryſtallinum, modo ab hoc recedere, prouti diſtantia obiectorum hoc vel illud exigit, quod non fieri poſſet aliter, quam vt totius oculi figura mutaretur. Hoc autem minus probabile eſſe putant ex eo, quia in reliquis animalibus mutatio hæc ſimiliter ſe habere deberet, in balæna autem ſclerotica nimis dura ſit, quam vt variationi poſſet eſſe obnoxia; nec deinde muſculi ad hoc perficiendum adſunt, nec etiam vnquam tantam conciliare oculo liceret contractionem, aut prolongationem, quæ requiritur ad viſionem diſtinctam in diſtantiis aliquot pollicum & centum pedum, in quibus homines nonnulli eodem acumine vident, duplicanda enim fere ſic eſſet oculi longitudo. Vid. *Graueſande Phyſ. Elem. Math. p. 803.*

116.

Supereſt igitur vt neceſſaria hæc oculi mutatio peragatur in humore cryſtallino ſolo, & dupliciter quidem. Requiritur quippe, vt hæc lens naturalis aut planior poſſit reddi, & conuexior; aut vero ad retinam adduci, vel ab ea abduci; hoc eſt, vt ea vel translatione in oculo, vel mutatione ſuæ figuræ, deſideratum effectum præſtet obiecta remota æque ac propinqua

diſtincte

diſtincte videndi; vtrumque autem a ligaminum ciliarium opera effici poſſe," oſtenditur *l. c. p. 804.* Sed & vtrumque aliquando requiritur, dum nempe retina quandoque figura ſua compenſare debet, quod translatione nequit. Vid. *Muſſchenbr. Inſtitut. Phyſ.* §. *1211.* Omnis igitur mutatio in oculo fit aut amplificatione vel coarctatione pupillæ; aut in figura humoris cryſtallini, aut in eiusdem acceſſu vel receſſu reſpectu retinæ.

117.

Ponamus nunc oculum myopis; is vicina diſtincte, remota confuſe, videbit. (84.) Intueatur ergo hic obiectum vicinum omni nitore, tum vero cupiat perſpicere obiectum remotum: requiretur, vt humor cryſtallinus vel planior reddatur, vel ad retinam propius accedat; vel vtrumque ſimul concurrat; (114.) quae autem cum fieri nequeant in tali oculo: is remota omnia videbit confuſe & intricate. Oritur itaque hoc vitium ab eo, quod humor cryſtallinus nimis remotus eſt a retina, nec figuram ſuam ſufficienter poteſt complanare, aut ſitum propiorem a retina aſſumere. Iuuabitur autem myops lente concaua oculo admota, quod partim experientia quotidiana oſtendit, partim etiam oculus artificialis *opticus* (79.) commode demonſtrat; docente *Dechales*, *Mundi*

Mundi Mathem. p. 390. seqq. idem quoque melius videbit remota, si respiciat per exiguum foramen; chartam acicula perforatam; aut palpebris tantum semiapertis. Hinc etiam oritur, vt myopes in luce debiliore legere possint literas, quam presbytæ; propiora enim lucem oculis reddunt magis intensam quam remotiora. (85.)

118.

Consideremus nunc oculum presbytæ, is vicina confuse, remota distincte videt. (84.) Intueatur ergo hic obiectum remotum exactissime, tum vero cupiat perspicere obiectum propinquum: requiretur, vt humor crystallinus vel conuexior reddatur, vel a retina longius recedat, vel vtrumque simul concurrat. (114.) Quæ autem cum fieri nequeant in tali oculo: is vicina omnia videbit confuse & intricate. Oritur itaque hoc vitium ab eo, quod humor crystallinus nimis vicinus est retinæ, nec figuram suam sufficienter potest rotundare, aut situm remotiorem a retina assumere. Iuuabitur autem presbyta lente conuexa oculo admota, quod partim iterum experientia quotidiana ostendit, partim etiam oculus artificialis *opticus* (79.) commode demonstrat; eidem aliquid quoque adiumenti affert, si per foramen tenue obiecta vicina aspiciat. Ob rationem antea allatam (117.) presbytæ luce fortiori ad recte videndum opus habent.

119.

Fig. 46. Adiiciamus his adhuc sequentia; problema *primum*. Data sit turris AF, & in aliqua ab hac distantia hortus, cuius latitudo sit CD; quæritur, ex quonam puncto huius turris aspici debeat hortus hic, vt ex eo appareat latissimus, quantum fieri quidem potest. Producatur DA in directum ad E, vt fiat AE = AC; tum diametro ED describatur semicirculus, qui turrim secabit in puncto quæsito B. Ex hoc enim angulus opticus CBD, eductus in extrema horti, maior erit quouis alio, qui ex alio turris puncto gigneretur, veluti CGD. Vid. *Acta Erud. Lips. 1709, pag. 465. Deinde* duplex experimentum: signentur in tabula nigra tres circelli albi, horizontaliter siti, ad altitudinem oculorum, & distantes inter se, quilibet ab alio, circiter integrum pedem. Respiciatur propius, sed vnico tantum oculo, primus, ita vt oculus in hunc intendat, atque hic sit in axe optico; videbuntur nihilominus reliqui duo circelli, ad dextram positi, licet non ita distincte. Recede iam sensim sensimque, oculum semper defigendo in circellum primum, accidet satis cito, vt desinas videre circellum intermedium, licet videas adhuc cum primo tertium; quod signum est, dari in organo visus aliquam partem, quæ non sit visiua, vel dari aliquam retinæ partem, quæ non sit

apta

apta ad videndum, nempe ea, cui inseritur neruus opticus; vti dicit *Dechales* in *Mundi Math. Opt. p. m. 383.* consentiente *Celeberr. Musschenbr. Institut. Physicæ* p. 519, qui addit, imaginem hoc casu in nerui optici medium, quod cauum sit, incidere, vnde nequaquam fibrillarum extremitates afficiantur. Debetur insigne hoc experimentum *Mariotto*; qui illud iam anno 1668 ad *Pecquetum* perscripsit, in *Operum 1717 editorum*, p. m. 498. Idem autem *Dechales* Mundo suo Mathem. inseruit primæ editionis, anno 1674. Si acus teneatur proxime ad oculum, & erecta conspiciatur, sed obscura, ponatur charta, cœrulei aut cinerei coloris, foramine exiguo, pili magnitudine, perforata, & fenestram illuminatam versus, aut candelam accensam, directa, parum vltra acum: iam acus apparebit inuersa, quod ex motu acus aliquo optime erit diiudicandum; eadem apparebit, extra chartam posita, atque eo maior; quo propius foramini admouetur. Habet hoc experimentum *Fabri*, *Synops. Opt. pag.* 25, atque sic explicat. Obiectum illustre AB proiicit in fundum retinæ discum lucidum HL, per foramen tenue C, & crystallinum FG, quid mirum ergo, si discus lucidus appareat? cum autem illustres radii per foraminulum traiecti in acum DE, corpus opacum, incurrant, quid mirum, si vmbra inde in pro- Fig. 47.

iecti disci lucidi medium proiiciatur? & erecta quidem, cum radius BDFL caput aciculae in L partem superiorem denehat, alter autem in H, partem inferiorem; in retina igitur situs aciculae erit erectus, ergo videbitur in situ inuerso; videtur autem maior, quasi sub angulo ACB; videtur denique trans foramen C, quia videtur per eosdem radios, per quos apparet obiectum AB; videtur itaque eodem modo, ac si in IK inversa posita esset; quae omnia machinula quadam expressit *Eustach. Diuini*, in *loco cit.*

CAPVT III.

DE MOTV LVCIS REFLEXO, SIVE, DE CATOPTRICA.

120.

Quid sit *lux reflexa*, vel *radius reflexus*, supra iam fuit indicatum; (75.) immo traditum ibi quoque est, quid sit *Catoptrica*, & quaenam sit ipsius Lex generalis, quae toti huic scientiae substernit fundamentum. Paucae igitur adhuc explicandae hic restant definitiones. *Speculum* est omne corpus laevigatum & politum, sed lumini imperuium, quod lucem illapsam ordinate, sine confusione, & in directione aliqua communi, reflectit. Omnia quidem corpora lucem ali-

quam-

quantum reflectunt, quia alias non viderentur; sed in speculis hæc reflexio fit ordinate, & sub vna eademque directione aliqua communi radiorum. Tale præbet nobis aqua stagnans & quieta, fundo opaco prædita, quæ rusticorum quondam erant specula, secundum illud *Virgilii Ecl. II, v. 25:* Nec sum adeo informis; nuper me in littore vidi, cum placidum ventis staret mare; quod idem præstat aqua pura, ad paruam altitudinem patinæ stanneæ, vel alteri laminæ, superfusa, & conglaciata; vid. *Harsdœrfferi Delic. Mathem. & Phys. P. II, p. 245.* Insignem vero specula tenent antiquitatem; vtitur enim illorum similitudine iam *Bias*, vnus septem sapientum, qui 608 annos ante Christum natum vixit, circa tempora Ieremiæ Prophetæ, cuius celebratur sententia: contemplare velut in speculo actiones tuas. De iisdem habent varia *Plutarch. de placit. Phil. lib. 4; Aristot. Meteor. lib. 3; Seneca, Nat. Quæst. lib. I, cap. 3.* Originem speculorum *Cicero* refert ad *Æsculapium, de nat. deor. cap. 3;* & *Praxiteles*, ætate *Pompeii M.* primus fecit argentea, *Plin. lib. XXXIII, 9.* Ex ære autem polito videntur facta fuisse specula antiquissima, quorum vsus seculo demum XV fuit relictus, & vitro accommodatus, cui obscurum operculum esset subiectum, quod radiis transitum denegaret. vid. *Iourn. des Savans 1719, pag. 141.* Vitrum

enim ad ſpecula eſſe aptiſſimum, docent *Iſidorus*, *Origin. lib. XVI*, *cap.* 15, & *Plinius*, *lib. XXXVI*, *cap.* 26. Ex ſpeculorum igitur ſuperficie varia, oritur etiam varia ipſorum nomenclatura. Hæc enim ſuperficies, ſi fuerit plana, ſpeculum vocatur *planum*; ſi convexa, *conuexum*, ſi concaua, *concauum*. Quia autem rariſſime deprehenduntur alia, quam quæ ſphæricam teneant aut concauitatem, aut conuexitatem: hinc ſi ſuperficies fuerit ſphærica, appellatur ſpeculum *ſphæricum*, vel conuexum, vel concauum; ſi cylindrica, dicitur ſpeculum *cylindricum;* ſi conica, *conicum.* *Parabolica* denique, *Hyperbolica*, aut *Elliptica*, audiunt illa ſpecula, quæ tales referunt ſuperficies, de quibus vero ſolliciti heic non erimus.

121.

Fig. 48. Ponamus ſpeculum eſſe conuexum FCG, atque in illius punctum C, a puncto radiante A, incidere radium AC, erit hic *radius incidens*, vel *linea incidentiæ;* C *punctum incidentiæ;* hic radius, quoniam imperuia ipſi eſt ſuperficies FCG, reflectetur ſecundum rectam CB, quæ dicitur, *radius reflexus*, vel *linea reflexionis.* Perpendiculares, AI, BK, ad ſpeculi perimetrum, dicuntur *Catheti*, illa quidem AI *cathetus incidentiæ*, hæc autem *reflexionis*; in punctum incidentiæ vero perpendicularis HC quibusdam vocatur *ca-*

thetus

thetus obliquationis; vnde patet, in ſpeculo ſphærico cathetos haſce omnes tranſire per ſpeculi centrum. Porro dein angulus minimus, quem efficit radius incidens cum ſpeculo plano, aut cum tangente in puncto incidentiæ ſpeculum curuilineum, vocatur *angulus incidentiæ*, & ſimiliter angulus BCK *angulus reflexionis*; qui duo anguli ſemper ſibi ſunt æquales. Auctores nonnulli etiam angulos, quos incidens & reflexus efficiunt cum catheto obliquationis, appellant *incidentiæ* & *reflexionis*; ſunt enim & hi duo inter ſe æquales, quoniam complementa ſunt priorum ad rectum angulum.

122.

Fieri itaque poteſt, vt radio reflexo videamus obiectum quod, illud ipſum vero radio directo contueri nequeamus. Veluti, ſi poſitum ſit obiectum in A, oculus exiſtat in O, inter vtrumque vero detur paries opacus FG, ſed ſpeculum planum iaceat in DCE; incidet certe magnus radiorum numerus, vti quaquauerſum, ita etiam in C, punctum incidentiæ iam futurum, a quo reflectentur iidem, ſub angulo æquali, in oculum O, adeoque viſibile reddent obiectum A, quia ſimiliter, & eodem plane modo, cum intenſitate lucis & coloribus ſuis illud oculo ſpectandum exhibent, quale illud foret, ſi immediate radii oculum ſub- Fig. 49.

intrarent. Videt igitur oculus hoc modo obiectum A per radium reflexum OCA, quod per directum OA efficere nequit, ob interpositum obstaculum opacum FG; quod idem accidit etiam, si obiectum nobis a tergo sit positum. Alii vero radii, ceu AH, HI, obiecti imaginem ad oculum non deferent, quia hi, in punctum aliud incidentiæ H illapsi, sub æqualibus quidem pariter angulis AHE & IHD incidunt & reflectuntur; sed reflexus HI oculum iam præterlabitur, neque eundem afficit. Vnde patet, pro obiecto aliquo A vnicum dari punctum incidentiæ C, ex quo radius reflexus in oculum O pertingat. Hinc si quis cereum accensum per speculum intueatur vno oculo: poterit digiti apice tegere punctum incidentiæ, vt cereus oculo disparеat. Dicitur vero vnicum punctum incidentiæ cum aliqua latitudine. Nam quodlibet punctum radians emittit pyramidem paruam in speculum, cuius vertex est illud ipsum punctum, cuius deinde reflexi diuergentes tot ab oculo capiuntur, quot a pupilla capi possunt; vnde non vnicum punctum sed integram imaginem videmus.

125.

Quomodo lex Reflexionis per experientiam probetur, supra (75.) expositum fuit. Videamus itaque alias demonstrationes a priori

priori petitas. *Prima* est *Vitellionis*, *Perspect. prop. 20, lib. V*, petita ex via breuissima; vid. *Tacquet Catoptr. p. 392. Ptolemæus* idem statuit lib. 1, *de speculis*; & *Hero Mechan. v. A. E. 1701. p. 20. Altera* est, & quidem Mechanica, *Cartesii*, ex Principio resolutionis & compositionis motuum desumta. (P. I, 106.) Effluat ex puncto radianti A radius AC, in superficiem politam, sed imperuiam HCE; conabitur ille in C continuare suam viam per CG, in directum iacentem cum priore AC, celeritate ex. gr. = CG; (P. I, 41.) quod vero cum ipsi denegetur, resoluamus hanc celeritatem in duas collaterales, superficiei speculi perpendicularem CD, & parallelam CE, & absoluto rectangulo CDGE, punctum in C concipi iam potest, ac si mouere- tur simul directionibus & celeritatibus CD, ac CE. Illa vero consummari nequit, sed retroagetur in directione CF = CD; hæc autem non mutatur: fiet ergo motus secundum diagonalem CB, absoluto rectangulo CFBE; sed hac ratione, ob triangula rectangula similia CBE & GCD, erit angulus ECB = ang. CGD = ang. ECG = verticali angulo ACH; incidens ergo angulus ACH, & reflexus BCE, sunt æquales. Hanc demonstrationem eleganter per pondera expressit *Ioh. Bernoulli*, in *Actis Erud. Lips.* 1701, *pag.* 19. Porro, quoniam omne triangulum in vno eodemque plano existit: *per 2, XI, Elem.* Fig. 10.

Elem. erit triangulum BCA, in vno plano; rectæ autem CF & CE etiam sunt in eodem aliquo plano, & perpendiculari quidem ad superficiem; & in eodem hoc plano est motus compositus ex vtraque CF & CE, nimirum CB; ergo planum BCA est in plano hoc ad speculum perpendiculari, hoc est, in eodem plano, in quo est CF.

124.

Tertia demonstratio desumta est ex Principio Generali *Illustris Maupertuisii*, *Essay de Cosmologie pag.* 41; Quotiescunque mutatio quædam in natura accidit, toties quantitas actionis, necessariæ ad hanc mutationem, inter omnes possibiles est minima. Est autem quantitas actionis productum ex massa corporis in eiusdem celeritatem, & spatium percursum. Sit igitur puncti ex A emanantis massula m, celeritas, quæ æquabilis, vel constans, est $= c$, spatium percursum $AC + CB = s$; erit actionis hic impensæ quantitas mcs, minima omnium possibilium, hoc est, ob constantes m & c, & solam s variabilem, pro alio atque alio puncto incidentiæ C, $m c d s = 0$, vel $d s = 0$. Vnde per facilem calculum deducitur sinus anguli FCB = sin. anguli FCA, aut vero FCB = FCA, vel, quod in idem recidit, ECB = HCA. Ex consideratione Ellipseos summam huius viæ minimam ingeniose deducit *Hon. Fabry*, *Synops.*

nopſ. Opt. pag. 64; ſed omnium facillime ea ita demonſtratur. Sint primo anguli *m* & *n* aequales, & demiſſa perpendicularis BD producatur in F, vt ſit BD = DF. Erunt igitur omnes BC & FC; BE & FE, inter ſe aequales. Continuetur iam AC in F, erit AC + CB = AC + CF = AF. Sed eſt AE + EB = AE + EF, quae ſumma iam maior eſt quam AF, per *20, I, Elem. Euclidis.* Ex quo clarum eſt, omnes illos Auctores, qui poſt *Fermatium* ex idea viae minimae legem hanc reflexionis deduxerunt, attigiſſe tantum caſum aliquem particulariſſimum Principii Generalis *Maupertuiſiani*, minime vero penetraſſe in eiusdem vniuerſalitatem ipſam. Haec probatio, quamuis ad cauſſas finales, & regnum ſapientiae, ſit referenda, (P. I, 12.) quas Phyſicae expulſas voluit eſſe *Carteſius*; ſupponit enim, naturam ſibi propoſuiſſe hunc finem, vt in omnibus adhibeat, ad edenda opera ſua, actionem minimam: rectiſſime tamen admittitur hodie, cum natura hic non ſumatur *proprie*, ſed per *Metonymiam* efficientis, id eſt, pro Auctore naturae. Vid. *Tacqueti Catoptr. p. 394.* Fallere autem hanc deductionem in ſpeculo cauo, quod ait *Hon. Fabry*, *Synopſ. Opt. p. 65*, plane non ſequitur. *Newtonus* autem *Optices lib. II, Part. 3, prop. 8*, multis rationibus grauiſſimis euincit, lucis reflexionem non attribuendam eſſe impactioni, aut colliſioni, Fig. 51

eius

eius cum particulis corporum solidis, sed viribus quibusdam repellentibus, quae ex politis corporibus emanant, ipsorumque superficiei innatant, & extra hanc agunt; ex qua caussa rectam CF deducit, quae aequalis sit rectae CD, si superficies eadem vi repellat radium, cum qua accessit. Vid. *Gravesandii Institut. Philos. Newt. pag. 241.* & *Clarkii Annotationes ad Rohaulti Physicam, p. 186.* Caeterum patet ex hisce omnibus, radium, qui in speculum perpendiculariter incidit, ipsum etiam in se reflecti.

Fig. 50.

125.

Radii igitur reflexi ope non videmus obiectum radians ipsum, sed eiusdem tantum idolum seu phantasma quoddam, quod vocari solet *obiecti imago*, atque est ex definitione *Barrowii*, *Lect. Opt. p. 4*, lux ab obiectis ipsis reflexa, vel refracta, ita vt rursus in vnum locum, talemque situm recolligatur, qualem tunc obtinuit, quum ab originali proflueret obiecto, directoque oculum versus itinere procederet, quo fit, vt similiter obiecta vera, sed tanquam alibi collocata, repraesententur. Itaque per radium reflexum cernimus obiecta vera per suas imagines, alioque in loco ac in quo reuera sunt; quem locum vt in quolibet casu possimus determinate indicare, praecipuum ac vnicum fere est Catoptrices problema. Cum nunc

hunc oporteat, vt radii incidentes diuergentes recolligantur alicubi in vnicum punctum, vbi nempe locus aſſignandus deinde ſit imagini: optime hic determinabitur ex concurſu duorum tantum radiorum reflexorum, ſed infinite ſibi vicinorum, qui tanquam faſciculi, aut penicilli, integri aſſumuntur pro puncto imaginis aliquo recte ſiſtendo.

126.

Sit ergo ſpeculum curuilineum concauum quodcunque AMD, punctum B radians, radii duo incidentes, diuergentes, infinite vicini, BM, Bm, quorum reflexi MF, mF, concurrant in F; erit in F locus imaginis puncti radiantis B; poſitisque CM, Cm, radiis oſculi punctorum M & m, BM radio incidente $= y$, &, in hunc demiſſa perpendiculari CE, ME $= a$, erit MF $= \frac{ay}{2y-a}$, per *Hoſpitalii Analyſ. inf. paruor.* §. 113; & *Barrowii Lection. Opt. IX*, §. 13. Quia vero non conſideramus niſi ſpecula circularia, (120.) erunt iam MC, mC, radii illius circuli $= r$, adeoque CE $= \sqrt{(r^2 - a^2)}$. Porro deinde etiam ſolorum illorum radiorum habemus rationem, qui prope axem CM incidunt, vnde CE pro nihilo habenda, approximando tantum, & facilioris demonſtrationis gratia, ex quo fit $a = r$, vt iam Fig. 52.

iam in his ſuppoſitionibus habeatur MF $= \frac{ry}{2y-r}$; vnde pro quouis ſpeculo ſphærico concauo punctum concurſus F facili conſtructione obtinetur. Biſecetur enim radius circuli in N, & quia punctum concurſus F nunc cadit alicubi in axem veluti in *f*, erit MF $=$ Mf, adeoque MF — MN $=$ MF — $\frac{1}{2}$ r $=$ NF $= \frac{\frac{1}{4} rr}{y - \frac{1}{2} r}$. Sit igitur radius incidens bM, fere in axe CM conſtitutus, & capiatur tertia proportionalis ad y — $\frac{1}{2}$ r (bN) & $\frac{1}{2}$ r (CN), erit illa Nf, qua poſita ex N in f dabitur hic locus imaginis quæſitæ *f*, vid. *Newtoni Optica, axiom. VI.*

127.

Fig. 53. Si ſpeculum fuerit planum AD, erit in eo r $= \infty$, quia linea recta cenſetur eſſe arcus circuli, cuius radius eſt infinite magnus; adeoque locus imaginis in radio reflexo erit ibi, vbi MF $= \frac{ry}{-r}$, quia 2y euaneſcit reſpectu ipſius *r* infiniti. Hinc MF $= - y =$ — BM, quæ adeo cadit in partem oppoſitam, ob ſignum negatiuum adiunctum, quia ſcilicet radii reflexi MN, mn, hoc caſu divergunt, & poſt ſpeculum in F producti concurrunt ad imaginem ibi formandam; quale punctum F, ex quo radii emanant divergentes FMN, Fmn, vocari etiam ſolet

let *Focus imaginarius*, aut *virtualis*, vel *punctum dispersionis*. Hinc igitur in ſpeculo plano imago obiecti videtur pone ſpeculum poſita, cuius ſitus facile hac opera detegitur. Ex obiecto radiante B demittatur cathetus incidentiæ BP, eaque producatur donéc ſit PF = PB; erit F locus imaginis quæſitæ pro oculo in N conſtituto; nam ob rectos ad P; nec non PF = PB, *per conſtruct.* & MP communem, erunt triangula PFM & PBM ſimilia & æqualia, vnde FM = BM, vti requiritur. Hinc itaque manifeſtum eſt, verum eſſe axioma antiquiſſimorum Opticorum, in ſpeculo plano quouis hærere locum imaginis ibi, vbi reflexus productus cum catheto incidentiæ, pariter producta, concurrit. Peſſime vero illi tam, quam multi recentiorum, axioma hoc extenderunt etiam ad ſpecula curuilinea, quem errorem correxerunt *Barrowius*, *Lect. Opt. IX*, *§. 13*; *& VI*, *§. 19*; *X*, *§. 27*; *Keplerus*, *Paralipom. ad Vitell. pag. 56*; & *Steuinus*, *Oper. Mathem. p. 571*; vid. quoque noſtra Diſſert. inſerta *Commentar. Acad. Scientiar. Petropol. Tomo XII*, *p. 248*. Falſum itaque eſt, in omni ſpeculo locum imaginis ibi reperiri, vbi datur interſectio catheti incidentiæ cum radio reflexo; in ſolo enim plano ſpeculo hoc obtinet, in cauo autem ipſa figura errorem ex catheto incidentiæ eo producto monſtrat; atque verus Fig. 51.

ima-

imaginis locus in omnibus ſpeculis generaliter ibi eſt poſitus, vbi duorum radiorum incidentium infinite vicinorum reflexi ſeſe mutuo interſecare intelliguntur.

128.

Fig. 54. Ante vero quam ad reliqua accedamus, explicabimus problemata quædam huc referri ſolita. Nempe, Radio incidenti AC in ſpeculum conuexum aſſignare ſuum reflexum. Producatur is in D, fiatque arcus CE = CD, & ducatur ECB, erit CB prioris reflexus. Ducta enim tangente circuli FG per C, erunt anguli verticales DCB, ECA, æquales; ſed, ob tangentem FG, ſunt anguli FCD & GCE æquales: qui ablati a prioribus æqualibus efficient angulum incidentiæ ACG & reflexionis BCF, etiam æquales. Similiter hoc peragitur, ſi radio incidenti HC in ſpeculum cauum tribuendus ſit reflexus. Continuetur enim radius incidens HC in E, & arcui EC fiat æqualis arcus DC; erit ducta CD prioris reflexus; demonſtratio enim eadem eſt.

129.

Fig. 55. Datis duobus punctis A & B extra ſpeculum planum FCD, inuenire punctum C, in quod radius ex A incidens inde reflectatur in B. Demittatur perpendicularis ad ſpeculum AD, quæ continuetur in E, vt ſit

DE

DE = AD, ducaturque recta EB, secabit ea speculum in puncto quaesito C. Nam triangula ACD, ECD, sunt aequalia; hinc $m = n$; sed verticales n & p sunt aequales; ergo etiam $m = p$. Idem hoc problema sic etiam proponitur: datis supra speculum planum altitudinibus oculi, & obiecti, invenire punctum incidentiae vel reflexionis C. Applicari hoc solet in ludo globorum eburneorum, *Billard* dicto. Sit enim globus impellendus A ab altero propellente B; quaeritur directio BC, secundum quam motus debet fieri propulsionis. Lusoribus nota est haec regula; nempe baculo propulsorio metiuntur DA, cui aequalem assignant DE, & deinde in propulsione ad E punctum, animo conceptum, collineant.

130.

In dato angulo obliquo KAC efficere, vt globus B, ad parietem elasticum CA allisus in D, post aliquot reflexiones iterum ad primum locum, per priorem viam, redeat. Requiritur hic, vt post vltimam reflexionem in G globus apud H faciat angulum rectum, vt ita in H reflectatur per viam, qua incurrit, eandem GH (124.) Sin igitur ponamus, angulum acutum apud A esse a graduum, reperientur anguli incidentiae & reflexionis apud G, $90 - a$; apud F, $90 - 2a$; apud E, $90 - 3a$; Fig. 16.

apud D, $90 - 4a$; atque sic porro, quoniam ex. gr. in triangulo FGA angulus externus $G = F + A$, hoc est, $90 - a = F + a$, aut $90 - 2a = F$. Igitur 90 dividantur per angulum a, quotus dabit numerum reflexionum, & residuum exhibebit angulum BDC, sub quo globus ab initio erit ad parietem impellendus. Ponamus a esse $20°$, atque erit quotus 4, indicans reflexiones totidem; residuum 10, dabit angulum BDC. Habentur enim sic anguli apud D $10°$, apud E $30°$, apud F $50°$, apud G $70°$, quoniam igitur est HGA $70°$, & A $20°$, erit angulus GHA necessario etiam $90°$, adeoque rectus. Vid. *Taqueti Operum Mathem. Catoptrica, pag. 409.*

131.

Fig. 17. Dati speculi sphærici concaui APB invenire diametrum PF. Metire chordam speculi AB, atque eius sagittam EP, ex medio chordæ E in polum speculi P; atque erit, ex natura circuli, $EP : \frac{1}{2}AB = \frac{1}{2}AB : EF$; cui EF, cognitæ iam, si addas sagittam EP, habebis integram diametrum speculi PF.

132.

Fig. 18. Speculi plani ope altitudinem accessibilem arboris, turris, aut ædis, metiri. Speculo in C horizontaliter collocato, tantum ab

ab eo recede donec apicem altitudinis A in speculo contuearis; tunc cape altitudinem oculi DE, distantiam tuam a puncto reflexionis CE, & distantiam altitudinis quaesitae ab eodem, CB; & quaeratur ad CE, DE, & BC quarta proportionalis, quae erit altitudo quaesita AB. Demonstratio patet ex natura reflexionis, vi cuius anguli apud C sunt aequales, & triangula CED, CBA, similia.

133.

Accedimus ergo iam ad phaenomena speculorum explicanda, quod ex superioribus facile fieri poterit. In speculo igitur plano, *primo*, obiecti imago tanto interuallo pone speculum apparet remota, quanta est distantia obiecti ipsius ante speculum, cuius quidem ratio iam reddita fuit ante; vnde, obiecto ad speculum propius accedente, illud oculo etiam propius accedit. (127.) *Secundo*, imago similis & aequalis est suo obiecto. Cum enim oculus, circa Nn constitutus, imaginis punctum B cernit ex loco F, per rectos radios FN, Fn, idem sane agit, ac si punctum B directe contueretur, quoniam ob triangula PFM, PBM, hinc & inde similia & aequalia, omnes etiam caeterae rectae, omnesque reliqui anguli, hinc & inde inter se aequantur, quorum eadem est constitutio, si obiectum B pluribus adhuc con- Fig. 51.

stet punctis sibi adiunctis. Imago igitur sic plane in oculum radiat reflexe, quomodo radiaret directe, si modo in locum F esset translatum. Hinc itaque vsus insignis est speculorum planorum in contemplanda facie nostra, cuius aspectus omni alio modo nobis esset impossibilis. *Tertio*, omnes homines, obiectum idem in speculo plano contuentes, illud in vno eodemque loco positum vident; quia, ob fixum obiectum, pro singulis reflexis radiis, singulos oculos ferientibus, eadem manet cathetus incidentiæ, atque idem imaginis locus; hinc etiam duobus oculis obiectum vnum, nec geminatum, videtur. *Quarto* autem in eodem dextra apparent sinistra, & vice versa; imago enim ex. gr. mea videtur mihi in speculo directe obuersa, vnde, quæ mihi dextra est manus, ibi necessario sinistra esse debet. *Quinto*, in eodem horizontaliter collocato obiecta superiora quasi demersa videntur, hominesque capite deorsum, pedibus sursum, vergentes; vnde etiam arbores, ædificia, ad ripam fluuii sita, inuersa apparent; ita, eodem in laqueari posito, homines apparent eleuati, sed iterum inuersi.

134.

Fig. 59. Si speculum planum CE inclinetur ad horizontem CA sub angulo semirecto: obiectum AB verticale apparebit in eo horizonta-

zontale. Ducantur enim ex A & B in speculum catheti incidentiæ AD, BE, quibus æquales sint continuatæ Da, Eb, erunt punctorum A & B imagines in *a* & *b*; (127.) adeoque obiecti ipsius imago tota *a b*. Iam figura E b a D cogitetur rotari & circumplicari circa ED; congruet ea vbique cum EB AD, ob rectos in E & D, EB = Eb, & DA = Da; hinc angulus *a* = BAD; sed hic est semirectus, ob rectum BAC, & semirectum C; ergo etiam est *a* semirectus, consequenter æqualis ipsi DAC; hinc *a b* & CA parallelæ; cum igitur CA sit horizontalis: erit etiam talis imago *a b*. Ex conuerso patet etiam, si AB sit horizontalis, illam in speculo apparituram esse verticalem; & si AB parum deflectat a situ horizontali, vt globulus descendere in ea possit: futurum esse vt eius imago parum deflectat a verticali, puteturque in hac globulus sua sponte verticaliter ascendere; præsertim si tubus loco rectæ AB adhibeatur, & speculum in cistula obscura occultetur, sed globulus cum tubo bene illuminentur; quale spectaculum, a circumforaneo factum, *Tschirnhusio* quondam illusit, vid. *Medicina mentis*, *P. II*, *p.* 196; quod quidem prismate etiam vitreo, vti hic factum fuit, potest perfici. Hinc igitur, si speculum planum, magnum, ita inclinetur in alto, & progrediaris hoc versus, horizontaliter moueri videberis secundum longi-

tudinem tuam, &, si brachia agites, volans, aut potius natans; ad quem effectum *Ptolemaeus* & *Vitello* duo specula adhibent.

135.

Fig. 60. Si obiectum AB fuerit speculo CF parallelum, & aequaliter distans cum oculo; tum *linea reflectens* speculi DE erit obiecti dimidia. Sit enim oculus in ipso obiecti puncto A, vt cum eo aequaliter distet: apparebit imago GH obiecto aequalis, & aequaliter remota pone speculum; (133.) radiabit ergo in oculum quasi per radios GA, HA, sub angulo optico GAH. Sed ob triangula similia ADE, AGH, est DE : GH = AD : AG = AD : 2AD = 1 : 2; ergo DE, linea reflectens, = $\frac{1}{2}$GH = $\frac{1}{2}$AB. Hinc patet, si AB repraesentet ipsum hominem, qui imaginem suam contueatur, & A oculum ipsius, illum se contueri totum posse in speculo, secundum altitudinem & latitudinem, si speculum vtrinque horum sit dimidium; partes enim CD, & EF, speculi erunt superfluae. Idemque continget in qualibet a speculo distantia collocato, quia distantia AD hanc proportionem non ingreditur.

136.

Fig. 61. Si speculi inclinatio mutetur, sed radius incidens maneat idem: radius reflexus duplo angulo variatur. Nam ponamus speculum habere primo situm AB, incidentem esse DC, eius reflexum CE; mutetur iam spe-

speculi inclinatio in FG, & radius incidens, veluti ex sole demissus, maneat, erit iam reflexus CH. Sed est $a + b = c + d$; & $b = d + e$, ex natura reflexionis; ergo, subtractis his ab illis, remanet $a = c - e$; est autem $e = a$, qui sunt verticales; ergo $a = c - a$, & $c = 2a$. Variatur vero radius reflexus angulo c: ergo eius variatio $= 2a$. Radius igitur reflexus duplo celerius mouetur quam speculum, vti in camera obscura facile hoc obseruatur.

137.

Si speculi alicuius fragmenta, vel plura specula plana ipsa, ita collocentur, vt omnia sint in vno eodemque plano, tum in illis vnum obiectum non nisi semel videbitur. Cathetus enim incidentiae hac constitutione non mutatur. Plura autem specula plana ita statues, vt in singulis imaginem tui videas, si in arcu circuli illa collocentur, tanquam totidem chordae, oculusque sit in arcus centro. Radii enim sic omnes, qui in medium cuiusque speculi cadunt, erunt ad haec perpendiculares, adeoque ipsi in se reflectentur; (124.) ergo tot imagines reflexae ad oculum redibunt, quot sunt specula.

138.

Phaenomena *speculi plani angularis* ABC, quod nempe circa B complicari potest libri instar, atque ad angulum quemuis ABC aperiri, in his consistunt. Efficiat illud an- Fig. 62.

 gulum

gulum rectum ABC sua apertura, qui bisectus sit per BD, atque in hac bisectionis linea sit obiectum D, vna cum oculo O; apparebit obiectum per reflexionem triplicatum, adeoque, his reflexionibus annumerando obiectum ipsum, quadruplicatum. Demittendo enim cathetos incidentiæ DH, DI, & in his productis capiendo HE = HD, nec non IG = ID apparebunt oculo duæ imagines E & G; tertia vero F apparet oculo ex reflexione in alterum speculum BC facta, sed infinite parua, quod experimenta probant contra *Tacquetum*, *Operum Mathem. Catoptricæ prop. 40.* Constituent igitur hoc casu tres imagines E, F, G, & obiectum ipsum D, quadratum perfectum. Si minorem angulum constituant eiusmodi specula ad se inclinata, ex simplici, & repetita, reflexione pluries etiam spectabitur obiectum, ipsum nempe, & imagines ipsius, simul numerando, sub

apertura graduum		numero
180	— —	2.
120	— —	3.
90	— —	4.
65	— —	5.
60	— —	6.
50	— —	7.
45	— —	8.
40	— —	9.
30	— —	12.

139.

Explicatis nunc plerisque speculorum planorum experimentis, accedendum est ad reliqua, nempe ad specula sphærica conuexa & concaua. Horum vero enodationes, siue aut figurarum ductibus, aut calculorum numeris, absoluere illas velis, vtrumque profecto offendes longe tædiosissimum, ac insuperabilis fere laboris. Quare subsistendum nobis hic erit in sola expositione phænomenorum, exceptis paucis, quæ aut figuræ aut calculo locum admittant. In speculo igitur sphærico conuexo si obiectum aliquod consideretur, apparebit illud circumstantiis sequentibus. 1.) Obiectum apparebit intra speculum; 2.) vnicum; 3.) erectum; 4.) minus obiecto ipso. 5.) Imago obiecti remotioris minor est imagine viciniotis. 6.) Imago eiusdem obiecti in speculo minoris sphæræ minor est imagine in speculo sphæræ maioris.

140.

Ponamus speculum sphæricum conuexum esse AD, cuius arcus centrum C; & speculi arcus ipse bisectus in M: vocantur, punctum hoc medium M speculi *polus*; recta MC speculi *radius*, vel huius duplum speculi *diameter*; & recta per polum centrumque ducta speculi *axis*; vnde intelligitur, quid sit speculum conuexum minoris diametri, Fig. 52.

 aut

aut minoris sphæræ, & speculum conuexum maioris sphæræ. Cum igitur inuentus fuerit (126.) concursus duorum radiorum incidentium infinite vicinorum MF, axi proximorum, $\frac{ry}{2y-r}$, pro speculo concauo; idem concursus applicabitur ad speculum conuexum, ponendo y negatiuum; ex quo in hoc fit MF $= \frac{-ry}{-2y-r}$, vel $\frac{ry}{2y+r}$. Cum itaque hic valor ipsius MF maneat positiuus, adeoque teneat eum ipsum situm, quem ipsi tribuimus, y vero assumat contrarium: emerget iam alia figura pro speculis sphæricis conuexis, in qua est speculum ipsum AMD, polus M, axis, vel radius, MC, radius incidens BM, & alius infinite vicinus Bm, reflexi vero MN, mn, qui retro producti concurrunt in F, vt sit MF $= \frac{ry}{2y+r}$; vnde reflexi MN, mn, erunt diuergentes, quorum punctum dispersionis, vel focus imaginarius, est in F, intra speculum, vnde ratio apparet phænomeni 1; & quia nulla alia datur reflexorum intersectio, præter hanc vnicam, hoc est, nullus alius locus imaginis, patet etiam ratio phænomeni 2, nempe ab hisce speculis obiecta non multiplicari. Porro, ex substitutione numerorum minorum, aut maiorum, facile obseruari potest, valorem ipsius MF fieri minorem, quo maior statuitur y, vnde oritur phæ-

Fig. 63.

phænomenum 5. Vſus horum ſpeculorum eſt in obiectis minute depingendis, quippe quæ minute quidem, ſed ſingulari exactitudine in his repræſentantur; vnde etiam error exortus eſt veterum, aſſerentium, diebus canicularibus tali ſpeculo, aquis ſubmerſo, oculis cerni ſirium prope ſolem poſitum: ſolis enim, non huius ſtellæ fixæ, imago eſt, quæ ita in ſpeculo apparet.

141.

Speculi ſphærici concaui phænomena generalia ſunt ſequentia. 1.) Radiis ſolaribus expoſita comburunt obiecta, ad certam aliquam diſtantiam ipſis admota; 2.) obiecta quædam, certa in aliqua diſtantia extra tale ſpeculum poſita, in eo plane non apparent oculo intuenti; 3.) quorundam obiectorum imagines repræſentantur in aëre pendulæ; 4.) amplificant & augent obiecta propius ipſis admota; 5.) denique prout in maiori aut minori ab illis diſtantia res quædam locantur, eæ modo inuerſæ, modo erectæ, in illis ſpectantur. Maxime nota eſt horum ſpeculorum proprietas prima, vi cuius radios ſolares, viis inter ſe parallelis concauitatem ingredientes, in anguſtum ſpatium coarctant, atque ſic radiorum hic collectorum ope obiecta comburunt. Vocantur ob hunc effectum *ſpecula cauſtica*, vel *vſtoria*; locus autem ipſe, in quo fit radiorum collectio,

ctio, & in quo solo combustio succedit, vocatur *Focus* talis speculi caui, vel *punctum vstorium*.

142.

Fig. 52. Quoniam in speculis concauis concursus radiorum duorum incidentium, axi vicinissimorum, MF, est in genere $\frac{ry}{2y-r}$; (126.) & radii a solis puncto quolibet in speculum incidunt paralleli: (87.) ponendum erit $y = \infty$, (127.) ex quo hoc casu est MF $= \frac{1}{2}r$. Radii ergo axi vicinissimi, paralleli, focum constituunt in dimidia parte radii speculi. Cum vero præterea incidant radii ab axe speculi plures remotiores quam qui axi sunt vicinissimi: quæritur ad quamnam distantiam a polo speculi radii hi paralleli, & remotiores, efficaces adhuc sint ad focum constituendum?

143.

Fig. 64. Concipiatur ergo tale speculum cauum soli expositum HBDE, in quod incidat a sole radius AB, axi DC parallelus, sed remotior a polo speculi D, qui cum semidiametro huius BC faciat angulum quemuis ABC, cuius sinus $= s$, cosinus $= c$, posito sinu toto $= 1$; atque erunt anguli ad B æquales, ob reflexionem; sed ABC = DCB, ob parallelismum; ergo BFC triangulum est æqui-

cru-

crurum, & ſinus anguli BFC = 2sc; hinc ſinus BFC (2sc) : BC (r) = ſin. CBF (s) : FC $\left(\frac{r}{2c}\right)$, vnde DF = r — FC = $\frac{2cr - r}{2c}$, quæ eſt diſtantia radii in axem incidentis apud F à polo ſpeculi D. Ponamus eſſe ABC 60°; erit s = $\frac{\sqrt{3}}{2}$, c = $\frac{1}{2}$; quare DF = 0, hoc eſt, ſi radius AB incidat ſub inclinatione ABC 60°, vt nempe arcus ſpeculi DB ſit totidem graduum, incidet radius reflexus BF in polum D ipſum. Si idem radius incidat axi viciniſſimus, erit s = 0, c = 1, hinc DF, concurſus reflexi cum axe, = $\frac{1}{2}$r, vti antea (142) oſtenſum.

144.

Cum itaque radius axi viciniſſimus concurrat cum axe ipſo in quarta parte diametri G; & radii reliqui cum eodem concurrant remotius a G, verſus D, quo maiorem habent inclinationem: dabitur focus G, non quidem puncto vnico conſtans, ſed aliqua latitudine præditus, quæ eſt FG = $\frac{1}{2}$r — DF = $\frac{r - cr}{2c}$, atque adeo dependet à coſinu inclinationis ABC; eritque hæc latitudo foci ad radium ſpeculi ipſum = FG : DC = 1 — c : 2c. Sit ex. grat. inclinatio, vel arcus ſpeculi DB, = 9°, erit c = $\frac{9877}{10000}$, quare FG : DC = 123 : 19754, vel FG = $\frac{123}{19754}$ radii DC, ſiue aberratio radiorum refle-

reflexorum; quod cum sit spatium valde adhuc angustum, in respectu ad diametros speculorum, quae confici solent: hinc artifices specula caustica ita conficiunt, vt arcus DB, speculi totius dimidius, sit 9°, & consequenter tota speculi latitudo HE sit chorda subtendens arcum 18°; si enim specula maioris arcus fabricarentur: reliquum supra hos 18 gradus omne inutile esset ad comburendum; id quod *Kircherus* experimentis confirmauit.

145.

Exposito nunc tali speculo cauo directe radiis solaribus, qui ad sensum paralleli incidunt: formabitur focus, non in puncto, sed in circello diametri FG; atque erit intensitas luminis incidentis ad intensitatem luminis in foco, vti area circelli FG ad aream circuli comprehensi circa chordam speculi HE, (85.) hoc est, vti FG^2 ad HE^2, aut in ratione duplicata latitudinum foci & speculi. Ita speculum causticum Villettianum, inferius memorandum, (148.) describente *Boerhavio, Elementor. Chemiae, tomo I, pag.* 225, habebat FG = $\frac{1}{2}$ poll. & HE = 43 poll. Paris. erat igitur in eo intensitas luminis solaris incidentis ad intensitatem eiusdem in foco = $\frac{1}{4}$: 1849, vel vti 1 ad 7396, aut in foco 7396 vicibus plus ignis, quam in aëre a sole tunc calefacto. Contrarium acci-

accidit in speculis cauis parabolicis; in quibus nempe omnes omnino radii, axi paralleli incidentes, in vnico puncto vniuntur, & consequenter intensitatem ignis solaris multo magis augent, vnde tantopere illa exoptantur, nondum enim hucusque rite potuerunt elaborari. Ex allata modo proportione sequitur etiam; si duo speculorum causticorum arcus eundem teneant numerum graduum, adeoque specula sint similia, illud maiorem radiorum excitare intensionem, quod habeat latitudinem, vel chordam, maiorem. Et quia focus radiorum axi vicinissimorum est ¼ radii, vel ⅛ diametri, cognoscitur simul, specula caustica diametri maioris ad maiorem distantiam comburere.

146.

Quia igitur effectus hic combustionis dependet a radiorum reflexione primum, & secundo eorundem coagmentatione; haec vero a figura rotunda caua, illa vero a quouis corpore radios reflectente, exoritur: patet specula talia confici posse e metallo polito quouis, e stanno etiam; ligno vel gypso, sed deaurata; e ligno stramine obducto; ita *Neumannus*, quidam Ingeniarius, dicitur Viennae anno 1699 confecisse speculum vstorium ex charta duriori, cui stramen agglutinatum erat, quod omnia metalla ad fluorem reduxit. Ex marmore nigro speculum

causti-

causticum confecit *Boyleus*, amplum certe, sed quod ne lignum quidem accendit, ob radios fere nullos reflexos; (P. I, 370.) neque alia marmora vllum effectum alium dederunt. Vid. *Diction. de Math. & Phys. tit. Miroir.*

147.

Manifestum ex his est, quantum errauerit *Euclides*, Geometrarum alias princeps, *Specularium, vel Catoptrices, theor. 31*, & cum eo veteres omnes, qui focum speculi caui sinu toto eiusdem esse statuerunt, inducti
Fig. 65. hoc ratiocinio. Sit diameter solis AB, speculum CD; ab illius quocunque puncto, vti A, transeant radii per centrum speculi F, qui omnes, in se reflexi, in centro F colliguntur; ergo in centro F est focus, & stupa ibi opposita accenditur. At vero ad focum constituendum non sufficit radiorum decussatio mutua; alias quodlibet foramen cameræ obscuræ focum ardentem efficeret; deinde considerauit tantum radios eos, qui per centrum speculi transeunt, neglectis omnibus illis, qui iuxta hoc præterlabuntur, & maximam partem conficiunt; neglecto igitur foci loco efficacissimo quæsiuit & inuenit debilissimum. Sit enim area speculi
Fig. 66. EDG = S, area obiecti radiantis HCI = L; iam puncti A in obiecto omnes radii incidentes super S ad focum concurrunt; ergo

A punctum ad focum subministrat radiorum numerum, qui est S; punctum B eundem numerum, & C parem, suppeditat; numerus itaque radiorum omnium in foco concurrentium est S ⋈ L. In casu Euclideo autem A subministrat vnicum radium ad focum; B iterum vnicum, & C vnicum, & sic reliqua puncta; ergo numerus radiorum in F concurrentium = L. Est igitur numerus radiorum in foco vero ad numerum radiorum in foco Euclideo, vti S ⋈ L ad L, hoc est, vti S ad 1, vel vti infinita puncta, qualia sunt in area S, ad vnicum punctum; vnde focus hic posterior nullus est in respectu ad priorem.

148.

Referendæ huc sunt historiæ *Archimedis*, & *Procli*, quorum ille naues Romanorum, duce *Marcello*, Syracusas obsidentium; hic vero naues *Vitaliani*, Constantinopolin obsidentis, talibus speculis combussisse refertur. Sed, *Kirchero* obseruante, speculum Syracusanum debuisset focum habere ad distantiam 30 passuum, hoc est, diametrum maiorem quam 120 passuum, vel 360 pedum, qualia specula nemo hucusque elaborare nec ausus est vnquam; narrationes deinde horum factorum, ab antiquis Historicis traditæ, ita comparatæ sunt, vt, quo magis ad earum fontes & primos auctores accedas:

eo incertiora deprehendas, vnde & pro fabulosis habentur. Vid. *Porta*, *Magiæ naturalis*, lib. XVII, cap. 15. *Tacquet* Catoptricæ prop. 38. Extat sub *Archimedis* nomine liber de speculis vstoriis, ex Arabico translatus Latine, ab *Ant. Gogava*; occurrit hic liber etiam in Archimede *Maurolyci*, sed Ptolemæo tribuitur; hunc autem suppositum esse ex eo apparet, quia mentionem facit *Apollonii Pergæi*, Archimede multo iunioris. *Fabricii Bibl. Græca lib. III, cap. 22.* Nostræ ætatis specula caustica celeberrima, de quorum veritate certo constat, cum prioribus effictis non comparanda, sunt sequentia. 1.) *Manfred. Septala*, Mediolanensis, ad 15 passus asseres dicitur combussisse speculo parabolico; *Schotto*, *Mag. Vniv. P. I, p. 419.* 2.) *Villette*, Lugduno-Gallus, quatuor confecit præcipua talia instrumenta, quorum primum Regi Persarum oblatum est a Tavernierio; secundum a Rege Daniæ emtum; tertium Regi Galliæ dono datum, latitudinis 34 poll. quartum denique elaborauit, quod chordam teneret 43 poll. distante foco a polo ipsius 3 ped. 7 poll. vid. *Journal des Sav. 1679, p. 335*; foci diameter erat in hisce 8 aut 9 lin. in Septaliano autem 3 poll. *l. c. 1666, p. 313.* vnde vix parabolicum fuisse existimari potest. 3.) *Garouste* aliud fecit, in obseruatorio Parisiensi depositum, latitudinis 5 pedum 1 poll. *l. c. 1685, p. 466.* 4.) *Tschirn-*

Tschirnbusius quoque celebris est in his, quanquam præcipue in elaborandis vitris causticis emineret, speculum enim causticum perfici curauit, quod omnibus aliis palmam præriperet; vid. *Acta Lips. 1687, pag. 52.* 5.) *Gærtnerus*, Saxo, maxima talia Dresdæ ex ligno confecit, cauitate deaurata, quæ insignes edunt effectus. 6.) *Hartsækerus* quoque fecit eadem excellentis potentiæ. 7.) *Maginus* adhuc memorandus hic est, cuius speculum maximum erat latitudinis 20 poll. *Journ. des Sav. 1666, p. 313.* 8.) *Regiomontanus* construxit speculum annulare, ex portione parabolica factum, cuius margo circularis maior continebat 5 pedes, minor 3, & profunditas speculi erat 2 ped. vid. *Doppelmaierus von den Nürnberg. Mathem. pag. 23*; quod ipsum speculum primum omnium in Germanica fuisse videtur. Obseruationes cæterum variæ docuerunt, quo speculi materia frigidior sit, eo maiorem esse vim foci; hinc tempore hiberno, sereno, & frigido efficaciora sunt ea quam æstiuo, quia frigus materiam speculi constringit, vt eo minus radiorum in poris absorbeatur; hinc in æstate ardentissima 1705 *Hombergius* nullam fere efficaciam ex illis elicuit; etiamsi enim sint validissima, fumo tamen tenui candelæ ardentis inducta expectationem fallunt. Id vero habent incommodi specula caustica, vt, cum obiecta examinanda directe ipsis de-

beant opponi, hæc poſt fuſionem factam decidant, & vlteriori ignis cœleſtis actioni hac ratione ſe ſubducant. Extra focum in mediocri aliqua diſtantia calorem etiam mediocrem præbent hæc ſpecula, quem ægrotis valde ſalutarem ſtatuit *Gærtnerus*, qui eodem oua ranarum viuentia reddidit & excluſa.

149.

Focum ſpeculi cauſtici propagare quidam conati ſunt, ad quamuis diſtantiam, plani auxilio, in quod focus incideret, ſed irrito conatu; nam hoc a calore intenſiſſimo tali aut funditur, aut diſſilit; vt taceamus, aërem etiam tali propagationi multum obeſſe. Alii idem aggredi voluerunt ope duorum annulorum parabolicorum apertorum, quorum communis eſſet focus, & poſteriorem annulum minorem vocarunt infundibulum ſolis; *Kolbanſii Opt. p. 175*; talem propagationem pollicitus eſt *Porta*, qua nempe comburi obiecta ad diſtantiam infinitam poſſent, non per punctum, ſed lineam rectam protenſam, quam *vſtoriam* dixerunt, productam per ſpeculum, aut vero etiam per lentem vitream: ſed repugnat his omnibus ſcientia optica, neque quicquam horum promiſſorum in actum fuit deductum vnquam. Vid. *Kepleri Dioptrice, prop. 56 & 106*. Speculum, quod ipſum ſe comburat, conſtruere quidam hoc docuerunt modo; fiat ſpe-
Fig. culum parabolicum CAEBD, cuius focus
67. in

in F; abſcindatur portio AEB, appoſito fundo plano AB, in quo ſit focus F; ex cuius igitur actione fundus comburetur.

150.

Pertinet huc etiam problema ſequens: quæritur ad quamnam diſtantiam ſoli admovendum eſſet obiectum, vt ſol in illud radiis directis idem efficiat, quod apud nos reflexis, & in foco collectis. Sit intenſitas caloris apud nos in aëre a ſole calefacto $= I$, in foco autem apud nos $= i$; diſtantia terræ a ſole AB $= a$, diſtantia quæſita AE $= x$; atque erit $I : i = x^2 : a^2$, (85) vnde $x = \frac{a\sqrt{I}}{\sqrt{i}}$. Sit ex. gr. vt ante, (145) $i = 7396I$, $a = 22000$ ſemidiam. terræ, eruetur $x = 256$ ſemidiam. terræ, vel AB : AE $= 86 : 1$, aut AE $= \frac{1}{86}$ AB, in planeta igitur mercurio ſol directis radiis eundem calorem excitabit, quem apud nos ſpeculi caui focus ardentiſſimus radiis collectis producit; hinc etiam non deſunt, qui planetam hunc totum vitreum eſſe iudicent. Fig. 68.

151.

Accedamus nunc iterum ad reliqua phænomena ſpeculi caui, (141.) ad quorum illuſtrationem perpendendum eſt, in his diſtantiam imaginis a ſpeculo MF eſſe $\frac{ry}{2y-r}$, (126.) ex quo valore quatuor poſſunt oriri. *Primo* enim hæc MF poteſt fieri infinita, vt Fig. 52.

radii reflexi ſpeculo egrediantur paralleli, ſi fuerit y = ½r, aut vero punctum radians in foco ſpeculi. Hinc fit vt lampade in foco huius ſpeculi accenſa lux ad inſignem diſtantiam proiiciatur, ad plateas noctu illuminandas, non tamen ad diſtantiam infinitam, quo ſenſu abuſi quidam literas lunæ inſcribere meditati ſunt; nam aër, & omne medium, immo reflexio ipſa, radios mirum debilitant. Radii tales paralleli emanantes, alio ſpeculo cauo rurſus excepti, in huius foco iterum vniuntur & vrunt, quod Viennæ factum legitur, ope duorum ſpeculorum ex lamina orichalcica factorum, & carbonum candentium. *Secundo*, hæc MF euadere poteſt in *r*, ſeu radium ſpeculi ipſum, ſi ponatur y = *r*, aut punctum radians in centro ſpeculi; hoc itaque caſu radii ſe non leniter mutuo contingent, aut lambent, ſed ex abrupto ſecabunt, quia e centro omnes perpendiculariter in ſpeculum incidunt, ac in ſe reflexi centrum perrumpunt, vti in foco *Euclidis;* (147.) nulla igitur excitabitur imago conſpicienda, nihilque poterit diſtincte videri, vti innuit *phænom. 2.* Si oculus in centro ſtatuatur: is ipſe ſe videbit diffuſum per totam ſpeculi ſuperficiem. *Tertio*, eandem MF poteſt manere affirmatiua, vt eundem ſitum teneat, quem ipſi tribuimus in Figura 52, ex eadem nempe parte puncti radiantis, ſi fiat 2y > r, aut vero y > ½r, hoc

hoc eſt, ſi punctum radians vltra focum fuerit poſitum, & oculus paullo remotior, quo caſu obiectum in aëre pendulum apparebit, ſed inuerſum, vti innuit *phænom.* 3. Hinc enſis ſtrictus, ſpeculo obuerſus, alium ex eo prodeuntem repræſentat, quo caput percutere licet impune; manus manui iungitur: flamma candelæ accenſæ tangi digitis poteſt ſine noxa. *Quarto* denique MF fieri poteſt negatiua, vt nempe concurſus radiorum fiat ex parte oppoſita puncti radiantis, quo facto obiecta apparebunt intra ſpeculum poſita.

152.

Vitrum politum, ex vtraque ſuperficie planum, illuminetur a ſole libere admiſſo: hoc facto obſeruabuntur in lacunari conclauis duæ diſtinctæ imagines reflexæ, & lucidæ, vna fortior, altera debilior, remotæ inter ſe, atque eædem manentes, ſiue pannus niger vitro ſupponatur, ſiue manibus illud eleuetur. Ita etiam ſpecula caua præcipue duplicant obiectum longius remotum, lucidum, ſiue vno, ſiue vtroque, oculo illa aſpiciantur. Multiplicatio hæc obiectorum noctu apparet optime, ſi parua flamma ſpeculis admoueatur, vel interdiu etiam nitida acus oblique detineatur; neque ſolum bis, ſed vel pluries illa cerni poteſt, ſi ſpeculum admodum oblique inſpiciatur. Ca-

 rent

rent autem eadem omnia ſpecula metallica, quæ & chalybea vocantur. Habet talia phænomena *De la Hire*, *in Comment. Acad. Pariſ.* 1699, *p.* 75; & *Du Hamel*, *in Aſtron. Phyſ. lib. I*, *cap.* 2. Oſtendunt hæc experimenta, vitrum, & reliqua corpora diaphana, non omnes radios illapſos transmittere, ſed magnam eorum copiam quoque reflectere, & quidem in vtraque ſuperficie, ſuperiori & inferiori. Formatur itaque prima imago ex reflexione facta in ſuperficie ſuperiori; altera ex reflexione facta in ſuperficie inferiori, præſertim ſi pannus niger ſupponatur, tum enim oritur ſpeculum completum; quia vero hæc imago debilior eſt priore, manifeſtum fit radios reflexione, & refractione, multum debilitari, interim tamen ab huiusmodi radiis reflexis vitri *Tſchirnhuſiani* cauſtici lignum accenſum fuiſſe legitur in *Actis Erud.* 1691, *p.* 519. vnde etiam quidam ſeptem tantum reflexionum patientes eos eſſe dixerunt, poſt quas deinde plane extinguantur. *Fabri Synopſ. Opt. p.* 70. Eidem huic cauſſæ debetur quoque, vt in vitro plano, ſoli libere expoſito, duas liceat aſpicere huius imagines; qui aſpectus, vt oculis parcatur, trans vitrum fumo obductum peragi debet; nam in priſmate vitreo, quod aciei ſuæ incumbit, & planam ſuperficiem ſurſum porrigit, vna tantum conſpicitur ſolis imago, ob deficiens nempe planum reflectens inferius.

153.

Ex priori etiam experimento deducere examen licet exactissimum vitri plano-plani, an nempe vna superficies ad alteram perfecte parallela sit, nec ne; quod *De la Hire* quoque monet *l.* modo *c. pag. 89*. Exponatur enim tale vitrum soli libero; & attendatur, an imagines a radiis vtriusque superficiei reflexæ eundem semper inter se seruent situm & distantiam, quomodocunque vitrum conuertatur: quod si ita fuerit, vtraque superficies altera alteri erit parallela. Aliud experimentum adhuc prius confirmans, hoc est: lens vitrea plano-conuexa soli obuertatur sua planitie, atque apex digiti in spatio anteriori versus solem hinc & inde moueatur, obseruabitur tandem, in apice huius digiti formari focum, distinctum quidem, sed ita debilem, vt nec fomitem accendat. Quia enim superficies plana soli obuersa, radiis in eam perpendiculariter incidentibus, nullum reflexione focum potest excitare, euidenter hinc apparet, focum conspicuum deberi vnice superficiei concauæ interiori & posteriori, cum & distantia huius foci a vitro ea sit, quæ præcise ab hac concauitate interna proficisci debet. Ita lentis plano-concauæ etiam anterior talis datur focus, si concauitas soli opponatur, nullus vero, si planities.

154.

Specula cylindrica & conica imagines rerum obiectarum mirum in modum deformant; possunt vero etiam reciproce obiecta quaeuis, data opera, ita deformata delineari, vt ea deinde, talis speculi ope aspecta, in formam suam naturalem & legitimam restituantur; quales delineationes deformatae ab artificibus construi solent. Generaliter autem specula cylindrica res secundum eorum longitudinem obiectas in longum extensas, secundum latitudinem vero in arctum constrictas, exhibent. Conica autem specula obiecta sibi opposita secundum longitudinem semper magis magisque constricta & acuminata repraesentant. Ostenduntur etiam specula semicylindrica concaua, quae a radiis solaribus per reflexionem efficiunt lineam lucidam, axi parallelam, in minori intervallo quam $\frac{1}{4}$ diametri. Potest enim tale speculum secari in innumeros arcus circulares, qui omnes radios solis reflectunt in focum; ex quorum focorum continuatione oritur recta illa linea lucida, quae lucem tenet quidem, sed minime comburit, quia pauciores radii in punctum aliquod idem colliguntur, quam quot ad effectum combustionis sunt necessarii.

CAPUT

CAPVT IV.

DE MOTV LVCIS REFRACTO, SIVE, DE DIOPTRICA.

155.

SUppoſitis hic illis quæ ſupra fuerunt dicta: (76.) aggrediemur nunc *Dioptricam*, quæ & *Anaclaſtica*, ad refringendo, & *Meſoptica*, a radio per medium diuerſum viſo, vocari ſolet; atque eſt ſcientia viſionis refractæ; in qua excolenda, atque in ſummam admirationem vsque promouenda, recens hæc ætas noſtra omnes antiquos Philoſophos ſuperauit quam longiſſime. Huius itaque trademus *Definitiones* neceſſarias, *Principium* fundamentale, & *Applicationem* ad media, diuerſæ conſiſtentiæ aut denſitatis, præcipue autem ad vitra, ex qua oriuntur quoque *Colores*, deſcribendi ad inuentionem *Newtonianam*. *Refractio* ipſa optime definitur a *Dechales*, *Mundi Math. Tomo II*, *pag. 643*, quod ſit deuiatio luminis a linea recta, per quam propagari vlterius debuit, propter diuerſam mediorum denſitatem.

156.

Definitiones trademus linearum ductu melius quam verborum elocutione. Sit igitur in ſpatio R medium rarius, vti aër; in D autem denſius, vti aqua, vel vitrum; termi- Fig. 69.

natum

natum vtrumque recta AB. Sit præterea *radius* quilibet *incidens* CE, qui in medio hoc densiori viam rectam non persequetur in EF, sed deuiabit, atque propagabitur in EG. Quod patebit ab experientia, si tota superficies aliqua refringens AB obtegatur velamine opaco, relicto solo foraminulo apud E; quo facto nullum radii incidentis, in camera obscura, lumen erit in EF, sed in sola EG. Hisce igitur stabilitis, erunt, EG *radius refractus*; E *punctum incidentiæ* vel *refractionis*; CEA *angulus incidentiæ*. Erigatur ex puncto incidentiæ E ad superficiem refringentem AB perpendicularis EI, inferius producta in H; atque erit *axis incidentiæ* EI, *axis refractionis* EH. Porro veniunt Anguli, & quidem *angulus inclinationis*, secundum *Keplerum*, maxime notandus, IEC; *angulus refractus* HEG; & *angulus refractionis* FEG. Præterea, si radius refractus EG ad axem refractionis EH magis accedat, quam incidens continuatus EF: hæc refractio dicitur facta *ad perpendicularem*; si vero contrarium accidat, *a perpendiculari*; vel *ad axem*, & *ab axe*. Hæc omnia eodem modo se habebunt in radio per vtrumque medium curva distinctum transeunte, si puncti incidentiæ ducatur recta tangens, quæ deinde ipsius AB loco haberi debet.

157.

Refractio potissimum in vsus vocatur varios

rios vitri probe politi ope, aut cryſtalli puriſſimæ, aut glaciei etiam interdum, quibus corpuſculis forma aut circularis, aut plana, artis ope fuit inducta; & quæ vocantur *Lentes* opticæ, ob ſimilitudinem, aut *ſpecilla*, ob vſus. Cum autem rariſſime iis tribuatur alia curuedo, quam circularis, aut plana, & circularis ſit duplex, conuexa, aut concaua: hinc ſuperficies harum lentium ſunt vel 1, *planæ*, vel 2, *conuexæ*, vel 3, *concauæ*, ex quarum ſingularum binarum, ob duplicem cuiusque lentis ſuperficiem, combinatione oriuntur ſequentes ſpecies ſex lentium opticarum ordinariarum; nempe 1, lens plano-plana, aut vtrinque plana; 2, plano-conuexa, vel ſemi-lens; 3, plano-concaua; 4, conuexo-conuexa, vel vtrinque conuexa; 5, conuexo-concaua, aut meniſcus, ſiue lunula, ob lunæ ſimilitudinem; 6, concauo-concaua, aut vtrinque concaua. Præter haſce lentes autem in Experimentis conſiderantur etiam ſphæræ vitreæ, aut aqua repletæ; aut etiam lentes aquam in ſe continentes, quas commendat *Newtonus Princip. p. 210.* nec non coni vitrei, qui, cuſpide in ſolem directa, in oppoſito pariete albo iridem depingunt; quos primus elaborauit, atque hanc inuentionem produxit, *Geruaſius Mattmüller*, Imperatoris Romani Opticus, vid. *Hertel, de poliendis vitris, pag. 33.* Sciri quoque debet, quid ſit *Axis lentis*, recta nempe

trans-

transiens per medium lentis, & ad vtramque superficiem perpendicularis; cuius extremitates vocantur *poli* aut *vmbilici* lentis. Radii denique, per refractionem aliquam a via suà digredientes, aut conuergunt, aut diuergunt; sin accidat illud, locus in quo continuati in vnum coniunguntur, dicitur *punctum concursus* radiorum, vel *Focus realis* eorundem; si vero hoc contingat, tum locus, e quo dimanant radii, & disperguntur, vocatur *punctum dispersus* radiorum, vel *Focus imaginarius* aut *virtualis*.

158.

Ad probandam lentem Opticam, eam obverte, vti docet *Kohlhansius*, *Opt. pag.* 323, ad obiectum rectilineum: si rectitudo non fuerit incuruata, præsertim immediate ante, & post, euersi situs stationem conspecta: scias lentem istam esse figuræ nobilis. Lentes ordinariæ cum omnes sint sphæricæ: erit earundem aut conuexitas, aut concauitas, portio sphæræ alicuius, certæ & determinatæ diametri: hæc igitur, quot inuenietur esse pollicum, aut pedum: tot etiam pollicum vel pedum dicitur esse lens ipsa; & si vtriusque conuexitatis, vel concauitatis, diameter deprehendatur eadem: tunc lens dicitur esse *æqualiter conuexa*, vel *concaua*; si diameter non inueniatur vtrinque eadem, vocatur lens *inæqualiter conuexa* vel *concaua*.

159.

159.

Caussæ Physicæ refractionis in luce, de quibus prolixe & profunde agit *Dechales, in Dioptr. lib. I, p. 644*, postea, in explicatione phænomeni huius, occurrent. Hoc itaque detegitur, & ad mensuram reuocatur, in pellucido corpore, Dioptrices vsui omnium commodissimo, vitro, sequenti modo facillimo, a *Keplero* primum inuento, *Dioptrices* eius *pag. 1.* Paretur cubus, vel etiam parallelepipedum, ex vitro bene polito ABFGDE, quod corpus inseratur duobus asserculis ad angulum rectum iunctis ANOMP, in quibus latitudo communis ACN excedat latus cubi AC, altitudo autem ON eadem quæ cubi; longitudo vero OM multo maior. Atque sic instrumentum hoc anaclasticum obvertatur soli L, in quacunque huius altitudine supra horizontem, notenturque extremitates vmbræ, quæ oritur a supremo ligno AN, tam per radium non refractum CI, aut NQ, quam refractum CH, aut AR. Jam in triangulo rectangulo CEI, dantur EI & EC, dabitur itaque etiam per Trigonometriam angulus ECI = KCL angulo inclinationis; deinde in triangulo rectangulo CEH dantur EH & EC, consequenter etiam angulus ECH; vnde postea ratio horum angulorum, hoc est, anguli inclinationis & refracti, innotescet. Pro indaganda refractio- Fig. 70.

refractionis ratione in fluido pellucido adhibendum erit vasculum cubicum hoc liquore repletum, & in reliquis eadem methodo procedendum. Aliud adhuc instrumentum, idem hoc obseruandi, describit *Keplerus*, *l. c.* & varias diuersas vias habent diuersi Auctores: sed nos in explicata hac acquiescemus.

160.

Experimenta igitur modo indicato instituta pepererunt tabulam sequentem, quam ex *Zahnii Oculo artif. f. 228*, contractam adducimus, continentem refractiones ex aëre in vitrum obseruandas:

Angulus Inclinationis.	Angulus Refractus.		Angulus Refractionis.	
0°	0°		0°	
1	0	40'	0	20'.
5	3	20	1	40.
10	6	39	3	21.
15	9	57	5	3.
20	13	12	6	48.
25	16	23	8	37.
30	19	29	10	31.
35	22	30	12	30.
40	25	34	14	36.
45	28	9	16	51.
50	30	45	19	15.
60	35	18	24	42.
70	38	50	31	10.
80	41	5	38	55.
90	41	52	48	8.

Ex

Ex hac igitur tabula apparet *primo*, si angulus inclinationis sit nullus, angulum etiam refractum esse nullum, hoc est, radium perpendiculariter incidentem non refringi, vel transire irrefractum. *Secundo*, angulum refractum semper minorem esse angulo inclinationis; quod in aliis pellucidis similiter se habet; vnde generaliter dicitur, radium ex medio tenuiori in densius incidentem LCI refringi ad perpendicularem CE, per CH; in radio autem incidente ex medio densiori in tenuius accidere contrarium, vt nempe refringatur a perpendiculari. (156.) *Tertio*, angulum refractionis HCI esse quam proxime subtriplum anguli inclinationis ECI, ad gradus inclinationis 20 vsque; in reliquis autem nimis ab hac ratione abire. *Quarto*, sinum anguli inclinationis cuiusque esse ad sinum respondentis anguli refracti, exacte, & semper, in ratione eadem. Ita ex. gr. sinus anguli inclinationis, 1°, & respondentis anguli refracti 0° 40' sunt 1745 & 1164; sinus vero inclinationis 70°, & respondentis anguli refracti 38° 50' sunt 93969 & 62705, quae duo paria numerorum sunt in eadem ratione, cuius quippe exponens est 1,49. Vnde porro fluit *quinto*, esse, in transitu radii ex aëre in vitrum, sinum anguli inclinationis ad sinum anguli refracti, vti 1745 ad 1164, hoc est, quamproxime vti 3 ad 2.

161.

Quamuis autem refractio radiorum ipsa per cognitionem historicam veteribus iam cognita fuerit; est enim inter *Aristotelis* problemata, in quo de remorum apparente curuitate quaeritur; atque fertur etiam exstitisse *Archimedis* liber, de annulo sub aquis viso, vid. *Hugenii Dioptr. p. m. 1*: Philosophica tamen, ac Mathematica, huius phaenomeni cognitio nostro demum aeuo fuerunt productae. In priore quidem proportione, (160.) quod nempe sit angulus refractionis tertia pars anguli inclinationis, acquieuerunt veteres Optici, *Alhazen* Arabs, & *Vitello*, ad *Keplerum* vsque, qui idem hoc principii loco assumsit, ex quo reliqua demonstraret; vid. eius *Dioptrice, axiom. 7, pag. 3.* Veram autem horum angulorum proportionem quaerendam esse, non in angulis ipsis, sed in secantibus angulorum eorundem, primus deprehendit *Willebrordus Snellius*, vid. *Newtoni Princip. lib. I, prop. 96*, cuius liber de hac re scriptus ineditus mansit, sed a *Cartesio* lectus fuit, vnde hic primus hanc veritatem publicauit in *Dioptr. suae cap. 2, §. 7, p. m. 75*, facta in secantium locum substitutione sinuum conueniente. Igitur ab illo *Snellio*, Batauo, inde a seculi circiter tempore, compertum habemus, experimenta docere, quod radii lucis ita refringantur, vt sinus angulorum inclinationis & refracti sint in ratione con-

stanti,

ſtanti, & eadem, pro eodem medio, diuerſa autem pro diuerſo medio. Vid. *Acta Lipſ. 1682, p. 187.*

162.

Diſcimus hinc radio cuilibet incidenti aſſignare ſuum refractum Geometrice, ductis nimirum lineis. Sit enim AB ſuperficies vitri, cui ſuperne incumbat aër; & ſit radiorum aliquis, ex aëre in vitrum hoc incidens, DC, quæritur, quomodo ducendus & delineandus ſit huius refractus CE. Deſcribatur ex puncto incidentiæ C, quolibet radio CF, circulus FE, atque ex F parallela ipſi AB, quæ ſit FG; diuiſa igitur FI in tres partes æquales, capiantur earundem ex I in H duæ, atque ibi erigatur perpendicularis HE, ad cuius punctum E ducatur radius refractus CE quæſitus. Patet enim fore ſic, demiſſa perpendiculari EK, ſinum anguli inclinationis ad ſinum anguli refracti vti FI : EK = FI : HI = 3 : 2, per conſtructionem, vti eſſe debet. Hanc ſolutionem imitando conſequi poſſumus eadem promptitudine radium refractum pro incidente ex medio denſiori in rarius, ſi occaſio id poſtulauerit. *Fig. 71.*

163.

Refractionibus variorum corporum pellucidorum per experimenta obſeruatis, pro-

diit tandem tabella sequens, quam contraximus ex *Newtoni Optica lib. II, parte 3, prop. 10.* Est nempe ratio sinus anguli inclinationis ad sinum anguli refracti, quae generaliter dicitur *Ratio Refractionis*, pro radio luminis flaui, de quo infra agetur, ex aëre in

Aëre vti	3201 ad	3200	= 1000 :	999.
Aqua pluuia	529	396	—	748.
Spiritu vini rectif.	100	73	—	730.
Glacie - -	-	- -	—	713.
Oleo vitrioli	10	7	—	700.
Oleo oliuarum	22	15	—	682.
Oleo lini	40	27	—	675.
Vitro communi	31	20	—	645.
Electro	14	9	—	643.
Crystallo de rupe	25	16	—	640.
Crystallo Islandica	5	3	—	600.
Adamante	100	41	—	410.

In vitro eandem rationem inuenit vti 3 ad 2, *Hugenius Dioptricae pag. 5;* in aqua pluuia vti 250 ad 187, vel 4 ad 3, *Cartesius de meteoris cap. 8, §. 10;* quae cum praecedentibus optime consentiunt. In glacie purissima haec ratio inuenta est a me vti 1000 ad 713, in *Commentariis Acad. scient. Petropol. Tomo XIV, pag. 220.* De aëris refractione notandum est, intelligi eam debere de radio ex inani incidentem in aërem, qui habeat densitatem infimae partis atmosphaerae, vti monet *Newt. l. c.* De mirabili refractione Crystalli Islandicae, in qua

radius

radius etiam perpendicularis refringitur; & reliqui radii, oblique incidentes, duplicem patiuntur refractionem, vt in duos radios diuidantur: vid. *Hugenius de Lumine*, cap. 5.

164.

Vt eandem hanc naturæ pulcherrimam legem per rationem, & a priori, demonstrarent varias vias ingressi sunt Philosophi. *Willebrordus Snellius*, primus huius rei inuentor, eandem ita explicuit, teste *Is. Vossio*, *de natura & proprietate lucis*, *edit.* 1663, *pag.* 36. Fig. 72. Sit vas parallelepipedum aqua plenum AEIY, oculus in O positus obiectum in E situm non videbit in loco suo, sed altius in G; quamobrem alius in aqua est radius verus AE, alius apparens AG. In reliquis, qui ad perpendiculum non inspiciuntur, eadem est ratio. Sit enim res oblique spectata R; ea per RS, inde per SO, refracte ad oculum venit. Jam vero etsi lux intra aquam per RS fluat: tamen per LS, in directum ipsius O, manare apparet, & oculus rem non in R, sed in L se videre existimat, in perpendiculari MR. Vnde efficitur etiam hic esse intra aquam radium verum RS, & apparentem LS. Statuit igitur *Snellius*, Deum hanc legem dedisse radiis diuersa media permeantibus, vt omnes radii veri & apparentes eandem semper inter se seruent analogiam. Pergit deinde *Vossius pag.* 39, leges quibus

incidunt & retunduntur radii a corporibus; ex ipsorum corporum densitate sunt petendæ; in adamante, engyscopiis adiutus, comperisse mihi videor, radium apparentem dimidia fere parte breuiorem esse radio vero. Radius apparens breuior est vero in vitro parte $\frac{1}{3}$; in aqua $\frac{1}{4}$; in aëre $\frac{1}{100}$; sipho curvus, (tubus cylindricus parum incuruatus,) oculis peruius non erit, si in aëre teneatur; si vero aquæ immergatur, fiet peruius, &, cum reuera curuus sit, iam videbitur rectus. *pag.* 44. Ad hæc si nunc attendamus, facile nobis apparebit, quomodo *Cartesius*, lecta ista explicatione *Snellii*, potuerit refractionis legem exprimere per constantem rationem sinuum. Sunt enim secundum *Snellium* in triangulo RLS, ex voluntate Dei, latera, vel radii RS : LS in ratione constante. Est autem ex Geometria RS : LS = sin. RLS : sin. SRL = sin. SLM : sin. NSR = sin. NSL : sin. NSR = sin. OSP : sin. NSR. Sunt autem sin. OSP & sin. NSR sinus anguli inclinationis & anguli refracti: ergo hi sinus in ratione constante. Assumto etiam centro S, & radio SM, patet esse SL secantem anguli MSL = ASO; & SR secantem anguli MSR; vnde perspicitur, *Snellium* per secantes exhibuisse, quod *Cartesius* reduxit ad sinus; vid. *Newtoni Principia*, *lib.* 1, *prop.* 96, *schol.*

165.

Newtoni explicatio refractionis, petita ex *Princip. lib. I, prop. 96*, huc redit, vt radius IC æquabiliter motus, sed oblique incidens, ex medio rariori in superficiem corporis pellucidi densioris AB, prius transire debeat per huius sphæram attractionis, exporrectam ad distantiam aliquam minutissimam *ab*. Ad hoc medium refringens cum radius pertingit in C, prosecuturus viam in recta ICD, incipit attrahi a corpore densiori secundum perpendicularem CH; deinde cum venit in F, secundum FG, atque hinc fortius semper attrahitur, ob maiorem continuo propinquitatem, & acceleratur; est enim plane in eo casu positus, ac si punctum quoddam per IC fuisset proiectum, ibique simul inciperet in id agere potentia absoluta, perpendicularis ad superficiem AB, ex quo describere debet lineam paruam Parabolicam CFE, tam in introitu, quam denuo in exitu, per spatium attractionis pellucidi lateri vtrique adhærens, ad similitudinem omnium corporum proiectorum, sed a potentia noua affectorum. (P. II, 178.) Patet igitur, radium incidentem peruenire ad superficiem refringentem ipsam AB motu accelerato, deinde vero actum, quantum fieri potuit a vi attrahente, in linea recta viam suam continuare, per corpus pellucidum ipsum, & æquabiliter. Fig. 73.

166.

Fig. 74. Hoc itaque præſuppoſito incidat radius ED ex medio rariori in denſius AB, ita quidem, vt vltima ipſius directio ſit hæc ED; mouebitur itaque is in medio hoc denſiori celeritate maiori quam antea, ſed æquabiliter. Exponatur celeritas in medio rariori præcedens per quamcunque FD = c, & reſoluatur in laterales orthogonales FG & FH. In his celeritati FH vel GD nihil mutationis accidit, quia attractio agit ſecundum ſolam FG; cum igitur radius ED tranſit per ſuperficiem in medium ipſum denſius, celeritas eius ſuperficialis non mutatur, quam ergo ponamus DK = DG = HF. Sed mutatur celeritas FG, aut HD, & augetur quidem ita, vt, poſita hac celeritate priori HD = DL, noua celeritas partialis aucta nunc ſit DM. Abſoluto igitur rectangulo KDMI, erit diagonalis DI celeritas radii in medio denſiori, quam ponamus = C. Quodſi nunc Geometrice inquiramus, quomodo ſe habeat ſinus anguli inclinationis ad ſinum anguli refracti, inueniemus in triangulo HDF, poſito ſinu toto = 1; $c : 1 = \mathrm{HF} : \text{ſin. HDF} = \frac{\mathrm{HF}}{c}$; in triangulo MDI autem $C : 1 = \mathrm{MI} : \text{ſin. MDI} = \frac{\mathrm{MI}}{C}$; erit ergo ſinus HDF : ſin. MDI, hoc eſt, ſinus anguli inclinationis ad ſinum anguli refracti, $= \frac{\mathrm{HF}}{c} : \frac{\mathrm{MI}}{C}$ $= C \times \mathrm{HF} :$

$= C \times HF : c \times MI$. Eſt autem $MI = DK = DG = HF$, *per conſtruct.* Ergo ſinus anguli inclinationis ad ſinum anguli refracti $= C : c$, aut in ratione eadem & conſtante pro quauis inclinatione, vti Experimenta docent. (160.) Quia autem ille angulus ſemper maior eſt hoc: (l. c.) patet, neceſſario requiri, vt celeritas radii in medio denſiori ſit maior, quam in rariori, adeoque ſinus dictorum angulorum eſſe in ratione inuerſa celeritatum per media.

167.

Carteſius, *Dioptr. cap. 2*, refractionem ſequenti modo conſiderat. Sit ex. gr. aquæ ſuperficies AB, in quam iniiciatur oblique pila C per CD, celeritate CD, reſoluenda in laterales orthogonales CI, CK; manebit celeritas lateralis pilæ intra aquam CI, vel KD, inuariata, cui igitur ponatur æqualis DL. Sed celeritas ID mutatur in minorem DH, quia pila partes quasdam aquæ corpore ſuo e loco mouere debet, vt tranſitum ſibi paret, adeoque cum his colliſionem exerceet, quæ ſine celeritatis decremento fieri nequit. Abibit igitur pila per DE, hoc eſt, refringetur *a perpendiculari*; (156.) quod experimento comprobauit *Celeberr. Nolet*, *Leçons de Phyſ. Experim. Tomo I*, *pag. 272*; per ictum bombardæ exploſæ. Aliter autem ſe habere refractionem lucis aſſerit, quæ, quon- Fig. 75.

iam nullas aquæ partes e locis suis dimoveat: celerius etiam in medio densiori feratur, veluti per DG; quanto enim firmiores & solidiores exiguæ partes corporis pellucidi sint: tanto facilius ipsi etiam easdem transitum permittere; & sicuti globus eburneus liberius voluitur supra marmor, quam supra lutum, facilius supra terram duram & solidam quam mollem & herbosam: ita etiam lumen facilius per crystallum, quam per aquam aut aërem, diffundi. Lumen itaque ferri per diagonalem DF, adeoque refringi *ad perpendicularem.* Videmus igitur *Cartesium* caussam auctæ celeritatis quærere in pellucido corpore ipso, cum *Newtonus* eandem deducat ex vi attrahente corporis extra ipsum exporrecta, intus vero nihil mutante; porro illum maiorem radii refracti statuere celeritatem, aut maiorem vim refringendi, in corpore densiori quam in rariori; videmus porro, in hac etiam explicatione esse sinus Inclinationis & Refractionis in ratione inuersa celeritatum; sed miramur, *Cartesium* hic statuisse diuersam lucis celeritatem, quam tamen in instanti propagari alias existimauit. (62.)

168.

Hoc vt eo exactius rimari possimus, videamus ante, quamnam corporum *vis refringendi* habeat mensuram, aut quantitatem, vel cognitionem mathematicam. Ponamus in

in hunc finem cum *Newtono*, *Opt. lib. II, parte 3, prop. 10*, esse superficiem refringentem AB, in quam incidat radius IC, sub angulo ACI admodum exiguo, vt primum elementum vis refractiuæ eruere inde possimus, sitque sinus anguli inclinationis DCI $= m$, anguli refracti ECR $= n$, & celeritas radii per IC $= 1$, æqualis adeo celeritati per AC; deinde fiat CB $=$ CA $= 1$; refringetur ergo vtcunque hic radius incidens per CR, ob celeritatem attractione externa auctam ex CD in CE. Sed est (166.) celeritas per IC (1.) ad celeritatem per CR $= n : m$; ergo celeritas per CR erit $= \frac{m}{n}$; & huius pars BR, attractioni externæ antecedenti debita, Fig. 76.

$$= \surd (CR^2 - CB^2) = \surd \left(\frac{m^2}{n^2} - 1\right)$$

$$= \frac{\surd (m^2 - n^2)}{n},$$ quod ergo erit elementum celeritatis per attractionem acquisitæ. Est autem vis refringendi vti BR; quo maior enim in eodem temporis momento infinite paruo est hæc: eo maior etiam est illa; sed celeritas, effectus nempe huius vis in tempusculo indicato, est vti $\surd$ BR, veluti in grauitate, & omni reliqua attractione potentiarum accidit; (P. I, 139.) adeoque quadratum celeritatis est vti BR, hoc est, vti vis refringendi, quæ igitur mensuram tene-

bit

bit ipsius $\frac{m^2 - n^2}{n^2}$, indicantis magnitudinem absolutam vis refringentis in aliquo corpore, competentem omnibus particulis simul sumtis; sed ut eadem eruatur pro particulis singulis, de quibus quæstio hæc versatur, vt nempe harum eruatur vis refringendi: euidens est, illam per numerum particularum in corpore refringente, aut vero per densitatem huius, esse diuidendam. Ex quo obtinemus quantitatem vis refringendi vniuscuiusque particulæ minimæ in corpore aliquo, posita corporis densitate $= d$, hanc sequentem $\frac{m^2 - n^2}{dn^2}$.

169.

Ex his itaque præmissis explicatio *Cartesii* subsistere nequit. Sumamus enim aquam, & vitrum commune; erit in illa (163.) $m = 529$; $n = 396$; $d = 1000$; (P. II, 120.) & hinc vis refringendi in aqua $= 7845$. Erit deinde in hoc $m = 31$; n 20; $d = 2580$, qualem densitatem in tali vitro *Newtonus* expertus est; vnde simili calculo producitur vis refringendi in vitro communi $= 5436$, minor priori vi refringente in aqua, quæ fuit 7845, cum tamen vitrum sit corpus aqua densius, & hinc faciliorem luci permittat transitum, adeoque, ex *Cartesii* sententia, maiorem producere debeat vim refringendi;

vnde

vnde conficitur, *Cartesii* explicationem experientiæ esse contrariam. Particulæ vitri sine dubio minus turbant motum lucis, quam particulæ succini aut electri, quia illud densius est: interim tamen hoc tenet multo maiorem vim refringentem, nempe 13654, cum illud hanc habeat tantum 5436. Accedit huc etiam illud, quod monet *Leibnitius*, *Actor. Lips. 1682 p. 188*, quod experientia doceat, radium lucis post superatum integrum medium densius AY ferri in recta parallela RT cum radio prius incidente OS, adeoque recuperare pristinam celeritatem, quod globus in marmore primum, deinde per fasciam huic impositam densiorem, aut magis villosam, postea in reliquo marmoris, promotus facere nequeat. Fig. 72.

170.

Fermatius, perpendens in radio directo & reflexo lucem moueri a puncto in punctum per viam breuissimam, & consequenter etiam in tempore breuissimo, quia, ob celeritatem lucis in eodem medio eandem, longiori etiam viæ opus esset longiori tempore, conclusit tandem, fore ut lux in motu etiam refracto sequatur, non quidem viam breuissimam, quam experimenta ipsi denegant, sed tamen tempus breuissimum. Huic principio iunxit alterum, contrarium Cartesiano, & Newtoniano, quamuis cæterum attractio

ipsi

ipsi nec incognita erat, nec ingrata, *Maupertuis Oeuvres*, *pag.* 49, nempe radium lucis celerius moueri in medio rariori quam in densiori, quod valde quidem verisimile erat, hunc quippe celerius moueri in medio minus resistenti vacuo & aëre, quam in magis resistentibus vitro, aqua, crystallo; quod *Hartsœkerus* hac similitudine expressit, *Cursus Phys.* pag. 89. lucem celerius transire per magnam multitudinem infantum, quam virorum robustorum. His præmissis fundamentis ita ratiocinatus est: ex puncto dato

Fig. 76. I, in medio rariori, debeat radius incidens peruenire ad datum punctum R, in medio densiori, per refractionem, quæritur vbinam in C debeat incidere? Demissis perpendiculis in superficiem datam AB, medii densioris inferioris, ponantur AB $= a$, IA $= b$, BR $= c$, & BC $=$ x, erit CA $=$ a $-$ x; sitque celeritas radii in medio rariori $= p$, in densiori $= q$; deducentur hinc rectæ IC $= \surd(a^2 - 2ax + x^2 + b^2)$, necnon CR $= \surd(x^2 + c^2)$; atque in motu æquabili erunt tempora, per IC $= \frac{\surd(a^2 - 2ax + x^2 + b^2)}{p}$, per CR $= \frac{\surd(x^2 + c^2)}{q}$; (P. I, 83.) quorum itaque summa debet esse omnium aliorum possibilium minima. Exinde, per *methodum de maximis & minimis*, deducitur

$\frac{CA}{IC}$

$\frac{CA}{IC} : \frac{BC}{CR} = p : q$; aut vero, ſinus anguli inclinationis eſt ad ſinum anguli refracti in ratione directa celeritatum. Hoc autem plane contrarium eſt ſententiæ priori; (166.) Vnde, ſtantibus aſſerto *Carteſii*, & *Newtoni*, in refractione radius lucis non mouetur per datum ſpatium in tempore minimo; nec etiam in medio rariori mouetur celerius, quam in denſiori.

171.

Hæc vlterius ita demonſtro, vt appareat *Fermatium* non tanta cura refractionis œconomiam explicuiſſe, quantam *Carteſius* huc impendit; neglexit enim ille phænomenum ſuperius ſecundum, (160.) angulum refractum ſemper minorem eſſe angulo inclinationis, ſi motus fiat ex medio rariori in denſius. Ad hoc ſi attendamus: contradictorium eſt aſſumere celeritatem radii incidentis maiorem quam radii refracti, quod *Fermatius* fecit. Sit enim radius incidens ED, cuius celeritas exponatur per rectam pro lubitu aſſumtam FD, & cuius inclinationis HDF ſinus ſit *m*, poſito ſinu toto 1. Iam, ſine omni alia ſuppoſitione Phyſica, celeritas hæc FD reſolui poterit in duas laterales orthogonias FG & FH. (P. I, 109.) Porro ſine omni alia peregrina hypotheſi celeritatis pars FH, vel GD, manet intacta, dum radius vno continuo actu ex D fit refractus Fig. 74.

DI.

DI. Erit igitur pro huius motu componendo DK = GD = FH, & erecta perpendicularis KI erit locus Geometricus omnium refractorum radiorum ex D in hoc casu possibilium. Ex praesuppositis autem est, in triangulo FDH, 1 : FD = *m* : FH = m. FD = GD = DK = MI; & in triangulo DMI habebitur DI : 1 = MI (m. FD) : sin. IDM = $\frac{m.\ FD}{DI}$. Cum itaque in refractionis negotio angulus hic debeat esse minor angulo inclinationis FDH, & consequenter etiam sinus illius minor sinu huius: debebit necessario, ad explicanda phaenomena, esse $\frac{m.\ FD}{DI} < m$, adeoque pari necessitate requiritur vt sit FD < DI; hoc est, celeritas in radio incidente minor celeritate radii refracti; cuius cum *Fermatius* assumserit contrarium, patet, eundem principalis phaenomeni fuisse oblitum; in ipsius enim similitudine, quam assumsit de viatore, parum huius interest an ad perpendicularem accedat, siue ab ea recedat, sed in lucis transitu experimenta hoc non liberum relinquunt. Manebunt igitur haec inconcussa, non assumi posse radium lucis celerius moueri per medium tenuius, & tardius per densum; nec deinde radium ex loco in locum transire per duo diuersa media breuissimo tempore.

172.

Cum igitur in refractione adornanda natura neque ſequatur viam breuiſſimam, neque etiam tempus breuiſſimum: merito quæritur, an ergo natura hic nullum ſibi eligat optimum, nullum ſapientiſſimum, nullum minimum, nullam parſimoniam? Reſpondetur autem, omnino hoc fieri in præſenti etiam caſu; ſed illud, quod minimum eſt in tranſigenda aliqua refractione lucis, non eſſe viam aut ſpatium, non eſſe tempus, ſed eſſe *actionem*, quæ conſentientibus omnibus Philoſophis pro menſura habet productum ex maſſa, celeritate, & ſpatio corporis moti. Deducimur itaque ad explicationem refractionis *Perilluſtris Dom. De Maupertuis*, qui hoc ipſum primus ſtatuit, quod modo dictum eſt, in *Oeuvres pag. 52*, per quam lex refractionis, naturæ conueniens ita deducitur. Incidat radius FD, cuiuscunque longitudinis, & refringatur per DI; demiſſis perpendiculis FG & IK, ex datis punctis F & I, ponantur GK $= a$, GD $= x$, adeoque DK $= a - x$, FG $= b$, IK $= c$, celeritas radii in medio tenuiori apud F $= m$, in denſiori apud I $= n$; erit ſic ſpatium FD $= \sqrt{(b^2 + x^2)}$, & ſpatium DI $= \sqrt{(c^2 + a^2 - 2ax + x^2)}$. Ex principio igitur *actionis minimæ* debebit eſſe, ob maſſulam particulæ lucis vtrobique conſtantem, & eandem, $m.\sqrt{(b^2 + x\ )} + n.\sqrt{(c^2 + a^2 - 2ax + x^2)} =$ minimo; vnde

per regulas calculi infinitesimalis oritur $\frac{m. x. dx}{FD} = \frac{n.(a dx - x dx)}{D}$; hoc est $\frac{m. GD}{FD} = \frac{n. DK}{DI}$; aut vero $\frac{GD}{FD} : \frac{DK}{DI} = n : m$, vel, sinus anguli inclinationis ad sinum anguli refracti $= n : m$, in ratione inuersa celeritatum, prouti natura postulat. (171.)

173.

Remittimus ad peculiaria scripta reliquas explicationes Refractionis; nempe Primo, *Barrowii* & *Dechales*, quam, vtrinque eandem, describit hic, *Dioptrices p. 152*, ille in *Lect. Opt.* atque Celeberr. *Musschenbroekius* in *Elem. Physicae*, *pag. 283*, *Edit. 1734*. Secundo *Leibnitii*, qui *Fermatio* quidem suffragari videtur, sed reuera *Cartesium* sequitur; vid. *Acta Erud. 1682*, *pag. 185*, atque Celeberr. *Euleri Differt. de principio minimae actionis*, *pag. 35*. Tertio *Ioh. Bernoullii*, qui *Newtonianae* explicationi magnum pondus adiicit in *Actis Erud. 1701*, *pag. 19*. Quarto denique Celeberrimi *Clairaut*, qui *Newtonianae* explicationi maxime fauet ex merito, in *Commentar. Academ. Scient. Parisf. 1739*, *pag. 259*.

174.

Aëri inesse vim refringendi valde sensibilem, experimentis in Anglia factis comprobatum fuit, cum per prisma vitreum cauum, exhausto aëre, inspiceretur obiectum remotum

tum ad 2588 pedes, ope telescopii, quod obiectum deinde, admisso aëre in prisma, locum priorem suum per 10¼ poll. mutauit; idem factum quoque est cum aëre intra prisma condensato; vid. *Celeberr. Musschenbroekii Essai de Phys. pag.* 524; & *Oratio Eiusd.* præfixa *experimentis del Cimento, pag. XXIII.* In Acad. Scient. Parisiensi dubitarunt quidam de hoc phænomeno, ex factis pariter experimentis: quæ cum deinde exactius instituerentur, dubium fuit sublatum; vid. *Hist. de l'Acad. des Scient. de Paris, 1700, p. 113;* nec non *Memoires eiusd. 1719, p. 330.*

175.

Ab aëris itaque ipsius diuersa consistentia omnino, & maxime, petenda est lucis *Refractio Astronomica* dicta, quæ in Astronomia maximi est momenti. Lux enim siderum egressa fertur primum per vacua cœlestia, donec in A attingat extimam nostram atmosphæram, in qua refringitur ad perpendicularem AE, adeoque viam sibi capit AB. Quodsi igitur tota atmosphæra diuidatur in plura strata concentrica: erunt hæc semper densiora, quo propiora sunt terræ; (P. 1, 403.) adeoque radius semper magis accedet ad perpendicularem, vt ita infinite multa talia strata transeundo viam sequatur curuilineam ABCO, quæ *curua solaris* dici solet. In huius directione vltima CO oculus radium Fig. 77.

 ad

ad se peruenire arbitratur, & consequenter obiectum lucidum, quod reuera in S positum est, in producta OC, aut in F, situm esse putat.

176.

Est enim axioma Dioptricum, locum obiecti radiantis æstimari ex directione, in qua radii visorii pars vltima oculum intrat, quicquid in medio itinere inter rem & oculum per refractionem mutetur; quia oculus nequit percipere, quid radiis per occursum mediorum extra se accidat, sed putat, illos pergere in eandem semper plagam, in qua viam suam finiunt. Vid. *Kepleri Dioptr. p. 96.* Vnde iam perspicitur, sidera omnia per refractionem altius attolli, neque in vero loco a nobis cerni, nisi quando sunt in vertice nostro. Erit præterea variabilis hæc lucis per atmosphæram via, quia & aëris consistentia indies mutatur, teste Barometro; & modo plures, modo pauciores, in eo hærent vapores atque exhalationes, vario modo lucem refringentes. Ita cœlo nubilo obiectum terrestre etiam longe remotum per telescopium fixum contuentes altius positum deprehendimus, quam tempore sereno; quamuis contrarium horum sentire videatur *Keplerus*, *l. c. pag. 65*, experimentumque afferat, quod vero huc nihil facit.

177.

177.

Hæc refractionis Astronomicæ doctrina antiquis plane fuit incognita. Hinc mira ipsis videbatur eclipsis lunæ, sole adhuc inocciduo; hinc orta est admiratio *Ptolemæi*, cum æquinoctium in eodem die obseruaret bis; & Hollandorum, cum solem 17 diebus citius supra horizontem eleuatum cernerent in Noua Sembla; hinc etiam oriuntur crepuscula quotidiana. Eadem autem hæc cognitio in *Albaseni*, & *Vitellionis*, *Opticis* quodammodo est indicata, sed ita, vt crediderint radium per ætherem recta profectum in solo extimo atmosphæræ strato refringi aliquantum, sed deinde porro recto tramite ad nos peruenire. Primus *Tycho* easdem sensibiles esse & deprehendit, & ab iis sibi cauit, tam in luna quam in fixis, quod testantur *Keplerus*, *Dioptr. pag.* 65, & *Longomontanus Astron. Danicæ pag.* 125. *Gemma Frisius* quidem negauit a se vllas vnquam obseruatas fuisse refractiones; sed *Tycho* hoc assecutus est, quod crassum illius instrumentum, *baculum* nempe *Astronomicum*, effugit. *Kepl. l. c. pag.* 61. Primum autem creditæ fuerunt refractiones nocentes altitudinibus non nisi ad 45°, donec *Cassinus senior* eas ad Zenith vsque extendi deprehendisset; qui idem porro ex obseruationibus variis didicit, refractiones ab Aequatore Polum versus semper increscere, ob densiorem fine

dubio aërem hic quam ibi, ita vt prope Aequatorem sint $\frac{1}{3}$ minores, & prope Polum duplo fere maiores, quam Parisiis; ad quod accedit quoque *Longomontanus l. c.* vnde conclusum fuit, solem sub Polo multo citius apparere debere quam post sex menses, & crepusculum ibi dari fere perpetuum.

178.

Descendimus itaque iam ad applicationem refractionis variam, & *primam* quidem, quando ista fit per medium diuersum vnicum ex vna etiam sola parte terminatum, ex altera autem in indefinitum abiens. Cui
Fig. 78. fini obtinendo incidat radius AB in medium tale circulariter terminatum GB, prope axem AGCF, vt AB & AG, BF & GF haberi queant eiusdem fere longitudinis, sitque in medio densiori infinito radius refractus BF, concurrens cum axe in F; ductis itaque rectis vti figura commonstrat, ponantur radius incidens AB $= a =$ AG; refractus BF $=$ GF $= x$, BH $= y$, radius curuaturae circularis CB $= r$; ratio refractionis $m : n$. Atque erit in triangulis similibus ABH, ACD, AB(a) : BH(y) $=$ AC($a + r$) : CD $= \frac{\overline{a+r}.y}{a}$; in triangulis similibus BFH, CFE, habebitur, BF(x) : BH(y) $=$ CF($x - r$) : CE $= \frac{\overline{x-r}.y}{x}$; vnde conficitur $\frac{\overline{a+r}.y}{a}$:

x - r. y

$\frac{x-r.y}{x} = m:n$, atque deducitur $x = GF = \frac{mar}{m-n.a-nr}$; in qua sola expressione continentur iam omnes casus infiniti, qui dari possunt in hac re, adeoque etiam omnia illa theoremata particularia, quae apud plerosque scriptores Dioptricos in hoc negotio, non sine fastidio, occurrunt.

179.

Dabimus igitur aliquot tantum exempla. Sit radius incidens AB axi parallelus, dico illum concurrere cum hoc vltra centrum C. Est enim sic $a = \infty$, hinc $GF = \frac{mar}{m-n.a} = \frac{mr}{m-n} >$ r, quod statim in oculos incurrit. In eodem autem casu radiorum incidentium parallelorum, est, vti vidimus, $GF = \frac{mr}{m-n}$, hoc est, GF ad radium sphaericitatis $r = m : m - n$. Si superficies GB sit plana: poni debet $r = \infty$, hinc $GF = \frac{mar}{-nr} = - \frac{m.a}{n}$, quod indicat, focum F cadere in partem oppositam, adeoque radiorum refractorum non dari focum realem, sed solum imaginarium, aut virtualem. (157.) Ex his paucis poterit in reliquis etiam omnibus simili perspicuitate iudicium ferri.

180.

Si oculus O, in medio densiori constitutus, obiectum in rariori positum aspiciat, Fig. 79.

 hoc

hoc apparebit illi minus, quam reuera est. Nam, sit ab obiecto vnus incidens AF, eiusque refractus FO; alter incidens BG, & refractus GO: apparebit res ipsa AB oculo sub angulo optico, aOb, productis scilicet refractis OF in *a*, OG in *b*; est autem angulus aOb minor angulo AOB, & ex maioritate vel minoritate huius anguli optici iudicat oculus de magnitudine obiectorum; (87, & 176.) ergo patet propositum. Hominibus itaque sub aquas submersis, aut piscibus in his natantibus, obiecta minora apparent externa, quam reuera sunt; aut etiam si animus ex consuetudine cognitum habeat angulum opticum rei eiusdem in eodem medio visae, obiecta apparebunt ipsi remotiora, quam reuera sunt. Contrarium ergo accidere debet, si oculus fuerit in medio rariori, obiectum in densiori. Hinc planum, cui cubus vitreus politus imponitur, ad dimidiam altitudinis partem attollitur; fundus vasis aqua pleni pariter attollitur; & pisces, aliaque corpora sub aquis posita, propiora videntur quam reuera sunt; pertinet huc, qua ratione pisces sub aquâ natantes sclopeto sint petendi. Vid. *Nolet*, *Leçons de Physique*, *tome I*, *pag.* 286.

181.

Secundam refractionis applicationem faciemus in medio diuerso vnico, sed vtrinque circu-

circulari figura, terminato, quales sunt lentes dioptricæ vocatæ, superius descriptæ. (157.) De hisce demonstrauimus in *Commentar. Acad. Scient. Petropol. tomo XII, pag. 260*, si vnius conuexitatis DBE semidiameter sit $cI = r$; alterius conuexitatis DAE semidiameter CH = R, distantia GA puncti radiantis G a superficie lentis anteriori $= p$, crassities lentis AB $= d$, ratio refractionis $= m : n$, esse radii incidentis valde propinqui ad axem GA punctum concursus, seu focum F, ibi, vbi est $BF = nR(\overline{r-d}.mp + \overline{r+p}.nd) : \overline{m-n}.(\overline{r-d}.mp + \overline{r+p}.nd) + mR(\overline{m-n}.p - nr)$. Ille autem radius, qui in axem GAF ipsum incidit, quia perpendiculariter incidit, & egreditur, (157.) irrefractus per omnem lentem transit, adeoque pro norma reliquorum assumitur. Sin igitur crassities lentis negligi possit in respectu ad reliquas quantitates præsentes, erit $d = 0$, & $BF = npRr : (p.\overline{m-n}.\overline{R+r} - nRr)$. Porro erit pro lente vitrea, in qua $m : n = 3 : 2$, (163.) $BF = \frac{2Rrp}{Rp + rp - 2Rr}$; & pro lente vitrea æqualiter conuexa, in qua $R = r$, erit $BF = \frac{rp}{p-r}$. Quæ omnia quidem ad sequentia facillime demonstranda hic supponimus. Fig. 80.

182.

Radii igitur ex rariori medio in densius incidentes, & deinde in idem cum priori

iterum elapsi, veluti fit in radiis vitrum vtrinque terminatum permeantibus, sequenti legi obediunt, si vitrum fuerit plano - planum, vel vtrinque lineis rectis parallelis terminatum. Quoniam tale vitrum aequipollet lenti vitreae eiusdem semidiametri, scilicet vtriusque infinitae: adhibenda hic erit formula antecedens BF $= \frac{rp}{p-r}$; sed est hoc casu $r = \infty$, ergo erit hic BF $= -p$. Igitur, cum crassities talis vitri negligi plerumque possit, radii ita rursus exeunt, ac si ex eodem puncto A propagarentur, consequenter punctum concursus habent negatiuum, aut focum imaginarium. (157.) Si proinde radii incidant paralleli, posita nempe $p = \infty$: tum hi paralleli vitro iterum exibunt. Vbi vero accidat, vt crassities vitri talis plano - plani nequeat negligi, tum adhibenda erit formularum praecedentium (181.) illa, quae generalior est, & d adhuc intra se continet.

183.

Radii autem transeuntes per lentem vitream conuexo - conuexam, vel conuexoplanam, hoc primo efficiunt, vt habeant focum realem, aut punctum concursus, in lentis axe positum. (157.) Hoc experimento probatur, quo talis lens charta, aliquot foraminulis perforata, obducitur, & libero

soli

ſoli obuertitur, admota alia charta alba & plana; ſic enim obſeruatur, radios ſolis per foramina chartæ prioris tranſeuntes, hanc poſteriorem chartam remouendo vel admouendo, in talem ſitum poſſe colligi, vt omnes ſimul non niſi vnicum punctum lucidum efforment. Vel etiam, ſi radius ſolaris amplior in cameram obſcuram immiſſus tali lente excipitur, vbi ille pone hanc in viſibile punctum vnicum, in aëre ſine pariete conſpicuum, colligitur, e quo deinde radii diuergentes porro exeunt, atque vlterius propagantur. Atque hoc experimento docemur etiam Phyſice formare, & præſens ſiſtere, *punctum radians*, quale eſt hic ipſe focus in aëre pendulus, non Geometrice, ſed cum aliqua latitudine, conſideratus, radios eiiciens diuergentes; (85.) cum ſolis radii, ob ingentem diſtantiam non diuergentes, ſed ad ſenſum paralleli ad nos perueniant. Ex quo patet, in Experimento illo radios a charta obducta reſiduos lentem penetrantes in puncto congregari; in hoc autem omnes viſibilem atque integrum formare focum, qui eſt vertex coni ſui luminoſi.

184.

Ex formulis antecedentibus (181.) eadem hæc ſequenti modo deducuntur. In lente conuexo-conuexa inæqualium diametrorum

rum, positis omnibus radiis non adeo procul ab axe incidentibus, & neglecta crassitie lentis, est in lente vitrea $BF = \frac{2Rrp}{Rp + rp - 2Rr}$.

(181.) Quoniam vero hae lentes plerumque sunt eiusdem vtrinque diametri, ponatur

Fig. 80. $R = r$, vnde fit $BF = \frac{rp}{p - r}$; ex quo apparet, focum hic dari realem, modo sit $p > r$; deinde discimus hinc etiam determinare distantiam foci a lente, vel constructione Geometrica, vel facili calculo Arithmetico. Si autem casus sit de Sole, cuius radii incidentes pro infinite longis haberi possunt, ponatur vlterius $p = \infty$, vnde fit iam $BF = \frac{r\infty}{\infty - r} = \frac{r\infty}{\infty} = r$; vt itaque in lente vitrea, aequaliter conuexa, radii solares prope axem incidentes focum suum habeant in distantia semidiametri conuexitatis in lente. In lente autem plano-conuexa ponatur similiter primo $R = \infty$, eruetur $BF = \frac{2rp}{p - 2r}$; vnde talis lens focum habet fere duplo plus distantem a lente quam prior. Porro ponantur radii solares pro incidentibus, erit iam denuo $p = \infty$, vnde $BF = 2r$, exacte duplo maior quam in praecedenti lente. Quae omnia eadem prodeunt, si ponatur $r = \infty$, hoc est, si in plano-conuexa lente conuexitas radiis incidentibus obuertatur, atque hinc in vtroque hoc casu manet focus inuariatus, quod experimenta etiam euincunt.

185.

185.

Hucusque focum lentis considerauimus factum a solis illis radiis incidentibus, qui axem lentis proxime quasi stringunt. (181.) Videamus vero nunc, quid accidat aliis, longius ab axe incidentibus, vbi quidem casum supponamus simplicissimum, in lente plano-conuexa, semicirculari, cuius dimidium per axem sectum sit quadrans cBD, Fig. 81.
& radii incidentes GH axi paralleli. Ponatur vitri semidiameter cI = r, anguli inclinationis GIc sinus p, cos. q, posito sinu toto = 1; atque erit anguli refracti FIK sinus = $\frac{3p}{2}$, cosinus = $\frac{\sqrt{(4-9p^2)}}{2}$, quia radius perpendiculariter incidens irrefractus per vitrum transit, adeoque apud I solum refringitur ex vitro in aërem. Ex his duobus angulis datis inueniatur eorundem differentia LIF, aut IFc, ex quibus in triangulo IFc deducitur, per Trigonometriam, BF = cF — cB = $\frac{3r}{3q-\sqrt{(4-9pp)}}$ — r.

186.

Ex hac formula consequitur, radium incidentem in ipso axe, aut proxime eum, vbi nempe est p = 0, q = 1, esse = 2r, vti antea deduximus. (184.) Notetur autem in hoc problemate, anguli inclinationis GIc mensuram esse ipsum arcum lentis BI, ob radios

radios axi parallelos incidentes; quot itaque graduum erit angulus inclinationis: totidem quoque erit arcus BI. Adhibeatur itaque calculus, & inuenietur, posito angulo inclinationis, vel arcu

BI	esse		BF
0°	—	—	$\frac{200}{100}$ r.
10	—	—	$\frac{197}{100}$ r.
15	—	—	$\frac{180}{100}$ r.
20	—	—	$\frac{173}{100}$ r.

Ex hac tabella manifestum est, focum radiorum axi vicinorum esse remotissimum a lente, nimirum $2r$ distantem a superficie lentis; radios remotiores autem GH ab axe, foco suo propius continuo accedere ad eandem superficiem, quia BF continuo decrescit; mutari autem sic focum ex puncto in circellum diametri sensibilis, nempe $\frac{3}{100}$ r, $\frac{20}{100}$ r, $\frac{27}{100}$ r, sub angulis inclinationis, vel arcubus BI, respectiuis 10°, 15°, & 20°. Cum vero in lente conuexo-conuexa focus principalis distet dimidia parte huius lentis: (184.) de illa similiter possumus iudicium ferre. Hic igitur radiorum incidentium ab axe remotorum discessus a foco, in vnicum punctum F redigendo; vocatur radiorum refractorum *Aberratio*, atque docet, radios incidentes, ab axe aliquantum remotos, ad focum constituendum plane esse inutiles & super-

superuacaneos; quia nempe hunc nimis dilatant atque extendunt, quam vt officio suo fungi possit, quod est, radios in vnicum punctum aut Geometricum, aut Physicum, colligere.

187.

Lens igitur vitrea conuexo-conuexa, vel conuexo-plana, exponatur radiis solaribus ita, vt ipsius axis cum directione radiorum coincidat; si dein corpus combustibile prope hanc lentem in legitima distantia locetur, obseruabitur, illud comburi. Oritur hic effectus ex eo, quia, per modo demonstrata, radii solares per tale vitrum transeuntes, antea dispersi, nunc congregantur, atque ob hanc ignis collectionem, magnamque intensitatem, (85.) violenter vrunt. Hinc etiam vocatur illud punctum, in quo solo hæc combustio locum habet, *Focus* talis lentis, & lens vitrea ipsa respectu huius effectus dicitur *lens caustica* vel *vstoria*. Si propter aberrationem radiorum non satis arcte colligantur radii solares: tum antequam ad focum perueniant, obiicitur eis alia adhuc minor lens conuexa, quæ *lens collectiua*, vel *vitrum collectiuum* dicitur, cuius ope radii in minus adhuc spatium colliguntur, propius vniuntur, adeoque vehementius vrunt. Hanc vim comburendi adscribendam esse radiorum congregationi manifestum est ex eo,

quia

quia tales lentes causticae ex glacie quoque pellucida confectae eundem edunt effectum, dummodo forma lenticularis accurata ipsis concilietur; immo aqua repletae sphaerae vitreae idem efficiunt; & specula quoque caustica praeparantur, (146.) quae non nisi ex ligno excauato, stramine nitido accurate obducto, aut etiam nitide deaurato, constant. Lentes tales plano-conuexae ad duplo maiorem distantiam obiecta comburunt quam conuexo-conuexae; (184.) & quoniam radii sub maiori angulo quam 10° incidentes ad focum constituendum sunt inutiles: (186.) integer arcus circularis lentem causticam comprehendens maior non confici solet quam 20°. Sed dantur etiam lentes vitreae duorum diuersorum focorum, si nempe alterutra superficies lentis habeat diuersam conuexitatem, duplici radio debitam.

188.

Facile autem patet, eo maiorem prodire effectum tam vitrorum quam speculorum causticorum, quo maiorem illa excipiant numerum radiorum, hoc est, quo ampliora sint, aut maiorem habeant chordam suae conuexitatis, quae etiam diameter eorundem vocari solet; ac deinde, quo angustius sit spatium foci, in quod radii coguntur. Cum itaque *Tschirnhusius*, primus lentium causticarum maiorum inuentor, vidisset, focum

ab

ab iis fieri iusto capaciorem, qui noceat ignis intensitati, cogitauit de foco hoc magis contrahendo; lentique suæ principali parallelam adiunxit aliam minorem, *collectivam* vocatam, qua omnes radii per principalem iam transgressi denuo exciperentur; ita enim deprehendit postea focum reddi multo angustiorem, vt cum antea teneret diametrum 9 linearum, haec esset nunc tantum 4 lin. cum praeterea nouus hic focus propior est vitro quam ante, commodiores efficit etiam obseruationes instituendas.

189.

Veteribus etiam vitra caustica cognita fuisse deduxit *De la Hire* in *Commentar. Academ. Paris.* 1708, p. 135, ex loco *Aristophanis* in *Comoedia*, cui titulus *Nubes*, *act. II*, *scena* 1. *Plinius* quoque *Nat. Hist. lib.* 36, loquitur de sphaeris vitreis, quibus soli expositis cutem aegrotorum Medici comburant; *Lactantius*, libro *de Ira Dei*, cap. 10, mentionem facit sphaerarum vitrearum aqua repletarum, solique expositarum, quibus ignis in summo etiam frigore accendi queat. Vid. *Dissertatio de Experimentorum Physicorum scriptoribus* nostra §. I. Primus autem, vti specula, (148.) ita praecipue etiam vitra caustica insignis magnitudinis elaborauit, non indicata methodo, *Tschirnhusius*, diametri scilicet, vel chordae conuexitatis, a 3 ad 4 pedum,

quae describit in *Actis Erud.* 1691, p. 517, & 1697, p. 415. Tale vitrum causticum *Tschirnhusianum* asseruatur in Pinacotheca Academiae scientiarum Petropolitanae. ... Constat illud duobus vitris, Principali, & Collectiuo. In principali inueni distantiam foci a superficie 543 partium; quarum 100 efficiunt pedem Londinensem, & diametrum huius foci circularis $4\frac{3}{8}$ part. idem, quantum iudicari potest, vtrinque eiusdem est conuexitatis, & chordam huius tenet 186 part. crassitiem autem 17 part. In vitro collectiuo solo inueni distantiam foci a superficie 160 part. diametrum autem foci 2 part; hoc quoque vtrinque eiusdem est conuexitatis, & continet chordam 62 partium, crassitiem vero 6 part. Superficies vitri vtriusque, regulis ferreis iunctorum, parallelae sunt, & distant inter se 338 part. cum tota machina est composita ex vtroque vitro, focus communis distat a superficie vitri collectiui 91 part. & foci compositi diameter adhuc est 2 part. Arcus integer, quem vitrum principale continet, est 21°. Aliud vitrum *Tschirnhusianum* celebratum fuit in *Nouis Lips. 1744, nro. XCI*, diametri 2 ped. 4 poll. a *Lehmanno* heredibus relictum; tertium, diametri 3 pedum, quod Dux Aurelianensis a *Tschirnhusio* sibi comparauit, describitur ab *Hombergo*, *Comment. Acad. Scient. Paris. 1702, p. 147*; quartum tale vitrum, & eiusdem cum priori dia-

metri,

metri, Casellis asseruari legitur apud *Fontenellium*, Eloge de Mr. *Hartsœker*, *p.* 283: quintum denique Imperatori Leopoldo fuit oblatum, vid. *Eloge de Mr. de Tschirnhaus*, *l. c. pag.* 177. Quibus adiicio lentes alias magnas, aqua repletas, quas describit *Hertelius*, *de vitris poliendis*, *p.* 51.

190.

Effectus vitrorum causticorum, vti etiam speculorum, qui sumuntur ab obiectis impositis carboni duriori, probe excocto, aut porcellanæ, vel lateri, primo hæc generaliter edocuerunt. Corpora nigra citius comburuntur quam alba, veluti creta, quia scilicet illa parum lucis reflectunt, vnde etiam vestes nigræ in solis æstu magnum & incommodum calorem contrahunt. Omnia obiecta ipsorum violentiæ permissa aut liquescunt, aut in vitrum mutantur, aut in calcem abeunt, aut in auras per modum fumi disperguntur. Lunæ etiam plenæ radii nullum effectum nec in thermometrum edunt. vid.
A. E. 1 … ignum tenerrimum
sub aq … ır quidem integrum
maner … pparet intus in car-
bones … ıic aquæ non com-
munic … n caloris gradum in-
feriore … ligno accendendo,
quod i … quis contiguæ in car-
bones … d. *Bœrhaue Chemia*,

P. I, *pag. 248*. Ignis in foco collectus dissipat arenam per ipsum transiectam ad venti modum, obseruante *Hartsækero*, *Curs. Phys. pag. 85*; & focus lentis in diametro 13 poll. allisus ad tenuem laminam elasticam, ex pariete firmo prominentem, huic vibrationes inducit teste *Hombergo*, *Mem. de Paris 1708*, *pag. 25*; deinde ex foco speculum versus editus sonus augetur, indicante *Sturmio*, *Coll. Cur. P. II*, *p. 157*. Intra breuis minuti spatium metalla in hoc foco fusa cadunt, vt & semimetalla omnia explorata hactenus. Imago solis speculo plano excepta, atque ab hoc repercussa in speculum causticum, aut repercussa etiam ab aquis, facit focum eiusdem fere violentiæ ac radius directus. Metalla omnia vitrificantur, si porcellanæ imponantur.

191.

Aurum quidem huic foco expositum liquescit in sec. 4, & in vitrum rubinos referens abiit *Tschirnhusio*. Sed *Hombergius* vsus vitro tripedali (189.) exactissime in hæc inquirens, deprehendit, triplicem auri puri hic dari mutationem; abire in auras per fumum, transire in vitrum, & prosilire in aërem per granula minutissima. Aurum igitur & argentum volatilia sunt in hoc igne cœlesti, vti reliqua metalla talia sunt in igne nostro terrestri. Aurum purum spiritu salis calcinatum, & fusum deinde in foco, multum fumi eiicit, atque tandem in vitrum violacei

colo-

coloris mutatur. Si massa auri exponatur foco, vitrificatio non statim apparet, sed sensim formatur sub guttula liquefacta vbi prius in puluerem redactum fuit, quod optime succedit, si tale aurum aliquando a foco parum remoueatur, ne puluis dispergatur, vt charta excipi possit. Argentum purum multo magis fumat quam aurum, & si plumbo fuerit depuratum non abit in vitrum, quod hoc solo casu fit si antimonio depuretur. Vtrumque horum metallorum, semel sub foco cœlesti fusum, multo difficilius deinde ab igne vulgari liquescunt, neque etiam tam cito postea soluuntur. Ignis enim solaris est ignis purissimus, minime mixtus materiis oleosis ligni, hinc etiam magis violentus est quam culinaris, & in metallis post fusionem a sole pori fiunt minores, & materia magis compacta; vitrum ex auro factum leuius est auro. His experimentis *Hombergianis* obiecit *Hartsœkerus*, tecto suo nomine, vid. *Eloges de Fontenelle*, *T. II*, *p. 283*, aurum per se non mutari in vitrum; sed id accidisse *Hombergio* tantum ex mixtis auro puluisculis tenuissimis carbonis, cui aurum in foco erat impositum; ad quod respondit hic, sic futurum esse, vt etiam argentum plumbo depuratum abire debeat in vitrum, quod tamen minime fiat. Porro vitrum Tschirnhusianum conuertit aurum cum terra porcellana mixtum in vitrum purpureum;

magnetem & hæmatitem in ferrum. Silices calcinati in fluorem redigi non possunt, cum calce viua autem, si misceantur, fluorem acquirunt; secundum *Frid. Hoffmanni Demonstrat. Phys. curios. Dem. IX.*

192.

Deinde iidem effectus specialiores obseruari fuerunt sequentes. *Primo*, Hyacinthus liquefactus est in 133 secundis temporis, quæ secunda in sequentibus retinebimus. Topasius ex Silesia in calcem mutatus post 628. Carbunculus liquef. in 4. Opalus in 23. Achatus mutauit colorem in 5. Reliqui lapides pretiosi, genuini, orientales, non funduntur, sed colorem, nitorem, & polituram perdunt, vti factum est in adamante post semihorii tempus. vid. *Iournal des Savans 1684, p. 66.* In foco vitri caustici Magni Ducis Hetruriæ dissipatus tandem fuit adamas in auras. *Giorn. d' Italia, Tom. 8, pag. 232;* ab igne ordinario autem adamas nullum detrimentum capit, sed potius melior euadit. *Rieger, Introd. ad not. rerum nat. & artef. Tom. I, p. 219.* Idem accidit in Granato, qui tamen in igne culinari fortissimo ruborem suum conseruat, teste *Henckelio.* Lapis Lazuli albescit in 7; in spumam versus post 32. Lapis fissilis, vel Ardosia, vitrefactus est in 3, in vitrum nigrum, ex quo fila quoque duci possunt. Lapis sclopetarius

sius vitrificatus in 60; & calculus humanus, calcinatus post 2, abiit in vitrum pariter post 60. Pumex, liquefactus in 9, mutatur in vitrum candidum & pellucidum. Crystallus, calcinata in 11. Asbestus, seu Amianthus, in terrestri igne incombustibilis, liquefit in 7, abit in vitrum subfului coloris post 110; talis Silesicus liquef. in 27; Saxonicus in 2. Alumen plumosum liquef. in 14. Corallia rubra nigrefacta fuerunt in 6, & calcinata in 875.

193.

Secundo, Argenti minera liquef. in 3; nummus argenteus perforatus in 24, vncialis Saxonicus in 3. Ferri minera liquef. in 15; ferrum ipsum ea in parte, qua ad focum admouetur, mox incandescit, & sine mora liquefit; lamina tenuis perforatur in 6; frustum vetusti ferrei lebetis liquef. in 40. frustum ensis in 23; & elater horologii portatilis perforatus in 9. Cupri scoria liquefacta alia in 14, alia in 8, alia in 4. Minera cupri liquef. in 8, & vitrificata. Calculus orichalceus perforatus in 6. Lamina cuprea statim excandescit, & mox liquefit in 42. Stanni minera liquefit in 123. Massa stanni, 3 poll. crassa, statim liquescit, in 3 perforatur, in albissimum puluerem abit, & deinde in vitrum. Idem fit in massa plumbi, quae in vitrum pellucidum transuertitur. Antimonium, combustum in vase clauso, fumos

emittit, & tandem in puluerem subtilissimum transit.

194.

Tertio, terra, miraculosa dicta, liquef. in 12. Ex fistula tabacaria frustum vitrefactum in 8. Lateres & tegulae in vitrum flauum deliquescunt in 45. Testae ex ollis longo vsu duratis in vitrum abeunt nigro - flauum; gleba terrae in flauum aut nigrum; vas argillaceum, aqua repletum, dum haec ebullit, colliquescit. Crucibuli solidissimi pars in vitrum fusa est in 8. Porcellana Sinensis liquefacta est in 18; Iapanensis mutauit colorem post 22, & liquefacta est in 106; Dresdensis vero liquefacta est in 265; vnde haec durissima praecedentium est iudicata. Caementum, ex quo aedificantur fornaces ad fundendum ferrum, vitrificatur in 52, vt ita potentia huius ignis praestet in momento, quod annorum spatio ignis ordinarius summus vix efficere valet. Lignum petrefactum liquefit in 13; viride, & humectatum etiam, aut celeriter per focum transmotum, subito ignem concipit, & exardescit; cineres eius deinde mutantur in vitrum, sine addito sale. Ossa mutantur in vitrum opacum, cum tamen illorum cineres tam potenter igni terrestri resistant in catinis docimasticis. Ebur calcinatur in 195. Cornu cerui in eodem tempore. Manus moueri potest

potest per talem focum sed celerius 1, nisi lædatur. Magnesia liquefacta fuit in 20. Argilla, arena, marmor, Iaspis, Porphyrites, silices, lateres, hæmatitæ, creta, gypsum, plumbago, liquescunt; & in vitrum vertuntur. Pateræ Romanæ frustum rubrum incipiebat fundi intra 3, & in guttas stillabat intra 100. Columnæ Alexandrinæ Pompeianæ frustum vitrificatum est post 50. Aqua denique extemplo efferuescit, vt oua iniecta fiant edulia, cancri rubescant, pisces, gallinæ, coquantur, quarum carnium sapores quibusdam delicatiores visi fuerunt; sed breui omnis euaporat. Pix, resina, sulphur, sub aqua vlnam alta posita, liquefiunt. Consuli possunt de hisce, *Fontenelle Eloges Tschirnhusii & Hartsœkeri; Bœrhauii Chemia P. I, pag. 248; Acta Erud. Lips. 1687, p. 52; 1691, p. 517; 1697, p. 414; Iournal des Savans 1666, pag. 311; Liebknechti Diatribe de speculis caust.*

195.

Si assumamus vitrum *Tschirnhusianum* diametrum habere 4 pedum, (189.) focumque esse diametri 2 partium, qualium 100 faciunt pedem, cuiusmodi focum supra deprehendimus, (*l. c.*) erit intensitas lucis solaris ordinariæ ad intensitatem ipsius in hoc foco vti 2^2 ad $400^2 = 4 : 160000 = 1 : 40000$, hoc est, erit in foco 40000 vicibus plus ignis quam in aëre a sole libero calefa-

 cto;

cto; in foco autem *Villettiano* deprehendimus tantum 7396 vicibus plus ignis; (145.) vnde se habet praestantia illius ad praestantiam huius vti $5\frac{41}{100}$ ad 1; hinc mirandum non est, multo maiores edidisse effectus illud quam hoc. Sed praeterea speculis causticis praeferuntur vitra sequentes ob rationes. Illorum politura debet esse exactissima, si bonae sint notae, at vero huius facillime in iis fit iactura; operosam quoque postulant fabricam; incommodamque habent directionem; denique vitra vsum etiam habere possunt in examinandis corporibus sub aqua demersis, quod specula facere nequeunt, quia suum focum sursum in aërem proiiciunt.

¶ 196.

Vitra vstoria vsum quoque possunt habere in exhibendo lumine datae alicuius intensitatis. (85.) Lucis enim intensitas, vel densitas, est inuerse vti volumen spatii, quod eadem lux occupat; (P. II, 95.) radii autem incidentes naturales, & refracti per vitrum, excipi possunt in pariete opposito sic, vt in circulum aliquem designatum ante cogantur, & praecise hunc repleant, accedendo sensim sensimque ad focum, aut recedendo ab ipso. Sit igitur vitri caustici, quod radiis naturalibus spatium porrigit, diameter = 1, circuli autem, quem radii aliquantum condensati

sati explent, diameter $= a$; eritque intensitas lucis naturalis (I) ad intensitatem concentratae $= a^2 : 1$; vnde haec erit $\frac{1}{a^2}$ I. Exempli loco sit lux lunae in terram, & huius in illam. De hac constat ex Astronomia, quod sit ad istam vti 14 ad 1. Quodsi igitur obtinere queamus, & oculis praesentem sistere, lucem, quae 14 vicibus densior sit luce naturali lunae: habebimus oculis expositam talem lucem, qualem terra spargit in lunam. Atqui hoc fieri potest modo praecedente, in quo poni debet modo $a = \frac{100}{374}$, vel $\frac{133}{500}$, hoc est, posita diametro vitri 500 partium, debet esse diameter circuli in pariete 133, habebitur lux quaesita; vti docet *Perillustris L. B. de Wolff, in Praef. ad Hertelii librum de poliendis vitris.*

197.

Si in camera aliqua etiam non obscura radii e candela accensa prodeuntes cadant in lentem conuexam vitream, & post hanc teneatur charta alba in distantia foci a lente, obseruabitur, flammam candelae apparere nitide depictam in superficie chartae, sed situ inuerso positam; idem etiam accidit cum aedificiis longe remotis, si a sole fuerint illuminata. Ex quibus patet, corporis lucidi singula puncta esse puncta radiantia, eaque singula suum peculiarem habere focum;

quare

quare ibi, vbi communis hic omnium datur focus, dabitur quoque imago depicta obiecti radiantis, sed inuerso situ posita, quia radii vitrum penetrantes sese decussant dum focum constituunt. Idem quoque patet, si ope talis lentis per radios solis residuos, dum eclipsin patitur, foramen ligno inuratur, quo casu hoc non erit circulare, sed phasin eclipseos referens. Hac via etiam artifices mechanice inuenire solent distantiam foci lentium vitrearum, dum chartam nitidam his admouent aut amouent tam diu, donec distantiam inuenerint, in qua obiecta longe dissita distincte depinguntur. Euidens igitur est, focos speculorum & vitrorum causticorum, ardentissimos cum soli exposita sunt, nihil aliud esse quam ipsissimam solis imaginem, minime autem puncta indiuisibilia. Obiecti enim quodlibet punctum A, emittit radios in totam lentis CD superficiem, qualis radius compositus vocatur *penicillus opticus*; illi radii omnes colliguntur in aliquo foco *a*; atque ex hoc exeunt simili modo ac ex A, vnde oculus eodem modo afficitur siue aspiciat punctum A vel *a*, & in *a* est imago puncti A; quod cum de punctis obiecti intermediis omnibus pariter verum sit: euidens est, totam imaginem apparere in *a b*, in foco lentis communi, sed inuersam. Hinc itaque lentes conuexae omnes obiecta radios physice parallelos immitten-

Fig. 82.

mittentia depingunt in foco principali, aut axis, inuersa.

198.

Capiatur sphaera integra ex vitro confecta, eaque solis radiis obuertatur, atque obseruabitur, radios etiam hanc penetrantes focum esse formaturos, distantem a sphaera quarta parte diametri quam sphaera tenet. Hoc statim sequitur ex formula generali superius (181.) tradita, si in ea accommodare ad hunc casum ponantur $R = r$, $d = 2r$, $m = 3$, $n = 2$, & $p = \infty$, vnde producitur ibi $BF = \frac{1}{2}r$. Ex quo patent, quae dicta sunt antea de sphaeris vitreis comburentibus veterum. (189.) Patet porro, falli *Vitellionem*, qui in *Optica* sua putauit radios solis parallelos tali sphaerae incidentes colligi & focum formare intra sphaeram, in ipso eius centro. Docent porro & experientia, & calculus per formulam generalem, si ratio refractionis m : n ponatur 4 : 3, qualis est quamproxime in aqua, focum a sphaera aquis repleta distare $\frac{1}{2}$ diametri parte, consequenter sphaeram aqua repletam habere focum duplo remotiorem quam vitrea.

199.

Quoniam radii paralleli incidentes in lentem conuexam conuergunt in punctum fixum F, nempe in focum; euidens est, radios ex hoc foco F egredientes, & lentem pe- Fig. 81.

netran-

netrantes, ſequi viam priſtinam ſuam, adeoque poſt hunc introitum parallelos iterum exire; vnde ſi in foco lentis cuiuscunque collocetur punctum luminoſum, huius radii poſt refractionem euadunt paralleli; quia radii eadem lege recedunt e foco, qua ad illum accedunt. Hinc ope lentis conuexæ, vel ſphæræ etiam vitreæ, aut aqua repletæ, aut etiam ſpeculi concaui, in quorum nempe focis lumen poſitum fuerit, hoc per inſignem diſtantiam propagari poteſt, minime tamen ad ingentem, aut infinitam, de qua ſomniarunt aliqui, ob vitrum, & aërem ipſum, luci valde reſiſtentem. (85.) Hoc interim artificio commode vtimur ad conſtruendas lucernas, quæ noctu lucem lampadum accenſarum ad notabile interuallum proiiciunt, ad plateas illuminandas, ad piſces aut cancros noctu congregandos, atque ad alios vſus.

200.

Si capiamus vitrum ex vna parte planum, ex altera vero pluribus planis hedris, verſus ſe inuicem inclinatis, terminatum, atque per illud obiectum aſpiciamus: apparebit hoc toties multiplicatum, quot dantur in altera ſuperficie hedræ inter ſe inclinatæ. Vitrum indicato modo elaboratum vocatur *Polyedrum*, aut vitrum *Polygonum*, & multiplicatio obiectorum oritur ex eo, quod a ſingu-

singulis hedris radii ab eodem obiecto exeuntes sigillatim refracti oculum spectatoris ingrediuntur. Si in multitudine obiectorum apparentium digito tangere velis obiectum verum, is aut ita locandus est, vt digitus ad singulas imagines applicatus videatur; aut polyedrum moueatur in gyrum, & obseruetur, quaenam imago locum non mutet, illa erit verum obiectum. Artifices etiam solent efficere tales picturas, quae, cum nudo oculo inordinatae appareant, trans tale polyedrum visae in ordinem & situm debitum restituantur; quales *picturae Magicae* appellari solent. Talem habet Academia Scient. Petropolitana, quae Imperatoris Petri II effigiem exhibet, vid. *Commentarii* illius *Tomo IV, pag. 202.* Alius quondam artifex effecit Imperat. Leopoldi faciem, teste *Zahnio, pag. 510. Niceron* duodecim Imperatores Turcicos depingi curauit, qui per polyedrum inspecti imaginem Regis Galliae Ludov. XIII repraesentant. Polyedrum foramini camerae obscurae insertum imagines pariter multiplicat. Detectum est microscopiorum ope, muscarum aliorumque insectorum oculos fabricatos esse ad formam talium polyedrorum, vnde coniicere licet, obiecta quaeuis illis apparere multiplicia, quo insigni & plane admirando artificio securitati earum consultum est, quoniam oculos tenent non in cauitate sua mobiles, & circumuertendos,

vti in reliquis animalibus fit. Conficiuntur etiam alia vitra plano-plana, quæ plurimas in alterutra superficie tenent cauitates paruas sphæricas; talia vocantur *vitra Polyoptra*; multiplicant enim æque, pro numero harum cauitatum, obiecta, sed ea sub minori forma repræsentant, cum præcedentia polyedra magnitudines rerum non mutent.

201.

Obducatur vitrum concauum vtriusque generis (157.) charta aliquot foraminibus pertusa, & in lumen solare liberum perferatur, obseruabitur, tantum abesse vt radii hoc vitrum transeuntes in vnicum locum colligantur, vt potius dispergantur, siue plana, siue caua, superficies soli obuertatur. Monstrat hoc experimentum radios solis parallelos in vitrum concauum incidentes egredi diuergentes, vel habere focum non realem, sed virtualem, aut negatiuum, vel habere punctum dispersus. (127.) Huius phænomeni non confirmatio solum, sed mensura etiam, consequitur ex formula superiori generalissima, (181.) ad singulos hos casus applicata, quare plura circa hoc non monenda putamus, nisi illud vnicum, radium solis transeuntem per vitrum cauum, hoc ipso transitu debilitari, quia per radios diuergentes exit, adeoque intensitatem suam continuo diminuit (85.) Si de Meniscis sermo

fuerit,

fuerit, duo primaria de his, ex iisdem formulis, deduci poterunt theoremata, *primum*, meniscos eiusdem radii æquipollere, & eosdem effectus edere, cum vitris plano-planis, si nempe radii incidant paralleli, & crassities talis lentis negligatur. Et *secundum*, si meniscorum diametri conuexitatis & concauitatis sint diuersæ: easdem æquipollere lentibus modo conuexis, modo concauis, pro diuersa ratione diametrorum conuexitatis, aut concauitatis; vnde ratio apparet, cur a multis Opticis menisci lentium loco fuerint aut propositæ, aut vsu ipso adhibitæ.

202.

Adducendum hic est Theorema Dioptricum & valde elegans, & magnæ vtilitatis, quod habet *Hugenius*, *Dioptr. prop.* 20, *p.* 53, & nos hoc modo proponemus atque demonstrabimus. Sit lens vtrinque inæqualiter conuexa C, in qua ratio refractionis $m : n$, & cuius crassitudo negligatur; sitque radiorum axi PD parallelorum incidentium focus in eodem axe lentis O: quæritur, ex quonam axeos puncto P radii in lentem incidere debeant, vt ii colligantur in punctum pro lubitu datum D. Dico, hoc punctum P ita inueniri, si ad DO & DC quæratur tertia proportionalis, quæ ipsa erit DP; vbi notari debet, in variis casibus hanc DP semper iacere debere in eandem plagam cum Fig. 83.

DO. Huius demonſtratio ex præmiſſis adornatur ſequens. Supra (181.) dictum eſt, poſitis PC $= p$, radiis conuexitatum lentis R & r, & neglecta craſſitie lentis, eſſe DC $= npRr : (p.\overline{m-n}.\overline{R+r} - nRr)$. Sit igitur hæc DC data $= a$ conſtanti; atque exinde eruitur quæſita $p =$ PC $= anRr : (a.\overline{m-n}.\overline{R+r} - nRr)$. Pro parallelis autem radiis incidentibus determinatur CO $= nRr : \overline{m-n}.\overline{R+r}$; atque ex his inuentis iam determinentur valores ipſarum DO, aut $a -$ CO; atque DP, aut $a +$ PC; atque deprehendetur, verum eſſe aſſertum. Ex hoc theoremate poteſt determinari punctum P ita ſitum, vt illius radii, ab axe non nimis remoti, in puncto quolibet dato D, in quo nempe oculus conſtitutus eſſe ponitur, concurrant, atque exinde oculum ingrediantur & afficiant.

203.

Aſpiciatur nunc obiectum quoddam per lentem conuexam, oculo intra focum poſito: apparebit illud erectum & auctum magnitudine; poſito autem oculo in foco ipſo, illud apparebit confuſum; ſed conſtituto oculo poſt focum, videbitur inuerſum. Si vero ſimiliter aſpiciatur obiectum trans lentem concauam: apparebit illud erectum quidem,
Fig. ſed imminutum. Hunc in finem ponamus,
34. eſſe lentem craſſitudinis contemnendæ CAB,

per

per quam oculus in D constitutus aspiciat obiectum EN; & huius lentis focus pro radiis incidentibus parallelis sit O, adeoque oculus D intra focum positus; vt vero radii ab obiecto incidentes colligantur in loco dato D, ibique oculum ingrediantur, sit punctum concursus quaesitum P; radius itaque NB, mente productus in P, refringetur in datum oculum D, atque erit simul haec proportio, DO : DC = DC : DP. (202.) Ducatur porro recta irrefracta DN, atque euidens iam est, esse magnitudinem obiecti apparentem, sub angulo EDn visam, (176.) maiorem vera; & secundo obiectum apparere erectum, quia *n* ad easdem partes apparet, ad quas iacet N. Tertio autem, quoniam anguli parui sunt inter se vti eorundem sinus aut tangentes, erit obiecti magnitudo apparens ad eiusdem magnitudinem veram = CDB : CDA, (87.) vel vti CB ad CA, aut vti CB.NE : CA.NE. Est autem, ob triangula pro similibus habenda, CB : NE = PC : PE; nec non NE : CA = ED : DC; multiplicatis ergo terminis vtriusque huius proportionis habebitur CB. NE : CA. NE = PC. ED : PE. DC, vnde hoc valore substituto oritur CB : CA = PC. ED : PE. DC. Sed ex praemissis est DO:DC=DC : DP, aut componendo, CO : DO = PC : DC, quae multiplicata per ED : PE = ED : PE praebet CO. ED : DO. PE = PC. ED :

PE. DC, quae ratio iterum substituta efficit CB : CA = CO. ED : DO. PE. Est igitur in hoc casu obiecti magnitudo apparens ad eiusdem magnitudinem veram vti CO. ED : DO. PE, quae singulae quantitates tam ex natura lentis, quam ex dato situ oculi & obiecti, determinari possunt. Sit ex. gr. lentis semidiameter conuexitatis = 4 ped. distantia oculi a lente DC = 1 ped. & distantia oculi ab obiecto ED = 10 ped. Erit distantia foci parallelorum radiorum a lente CO = 4, DO = 3, & hinc DP = $\frac{1}{3}$ ped. vnde CB : CA = 40 : 31. Si visibile sit valde remotum, poni potest ED = PE, atque tum erit magnitudo apparens ad veram = CO : DO.

204.

Oculus sit in ipso foco O positus, qui quoniam est radiorum incidentium parallelorum: peruenient sic ad oculum radii tantum paralleli ab obiecto in lentem incidentes, vnde NB concipi debet axi EP parallela; sed parallelorum incidentium punctum concursus P distat in infinitum; ergo poni debent pro hoc casu DO = 0, DC = CO, ED = EO, PE = DP = OP = ∞; & quidem PE = ∞, si obiectum sit propinquum; vnde oritur CB : CA = CO.EO : 0. ∞ $= \frac{CO.\ EO}{\infty} : 0 = 0 : 0$; quae ratio cum ni-

hil

hil detegat, mutetur ea in aliam æquipollentem, quod facile fit. Est enim ex priori proportione (203.) $DO = DC^2 : DP$, qui valor substituatur, & prodibit ratio æquipollens hæc $CB : CA = CO. ED. DP : DC^2. PE$, in qua iam substitutis valoribus modo positis fit magnitudo apparens ad veram vti $EO : CO$; vnde oculo posito in foco obiectum propinquum apparet auctum in diametro sua secundum dictam rationem; si vero obiectum fuerit valde longinquum, & distantia EO quasi infinita, tum dicta ratio est vti $\infty : CO$, hinc obiectum valde remotum apparet oculo in foco O posito tanquam in infinitum auctum.

205.

Ponatur nunc oculus in axe lentis iterum constitutus, sed vltra focum radiorum parallelorum distans; verget igitur iam DO in partes contrarias, atque etiam proinde DP, quæ easdem semper partes sequitur cum DO, (202.) vnde figura diuersa orietur, in qua autem puncta D, O, P, idem denotant, quod ante, & consequenter rursus est $DO : DC = DC : DP$; erit igitur punctum P sic inuentum oculo in D respondens, & radii omnes ex P in lentem incidentes ad oculum D refringentur. Sit iam obiectum sub his radiis inclusum EN; si DB continuetur in *n*, & ducatur ex oculo Fig. 85.

 recta

recta irrefracta DAN; constat, vti prius, visibile cerni situ erecto, & rationem CB ad CA manere pariter eandem cum inuenta priori; si modo locatum sit obiectum inter lentem, & punctum oculo respondens P. Cum vero locatum sit obiectum vltra hoc punctum P, tum illud apparebit inuersum, atque auctum in priori ratione; nisi positum sit in ipso P, in quo in infinitum quasi augetur, ob PE = o. Quae omnia vlterius explicata vide apud *Hugenium* in *Dioptrica, prop. 36 & 37.* Eadem rursus methodo demonstratur, cauam lentem obiecta oculo repraesentare erecta, sed minuta; si modo punctum P, hoc est, punctum radios ad oculum deferens, ex eadem, qua prius, proportione recte ante definiatur in in axe, vti fecit *Hugenius l. c. prop. 38.*

Fig. 86.

206.

Praecedens lentium conuexarum proprietas, qua nempe obiecta trans se inspecta augent, vsum admirandum habet in *Microscopiis simplicibus.* Est enim in genere *Microscopium* aut *Engyscopium*, tale instrumentum Dioptricum, per quod obiecta minutissima, sed propius oculo admota, valde aucta & distincta spectari possunt. *Simplex* vocatur, si constet illud vnica lenticula, aut sphaerula, vitrea; *Compositum* vero, si idem perficiatur plurium lentium vitrearum ope. Quamuis autem

autem inuenta ſint etiam inſtrumenta Catoptrica huic ſcopo inſeruientia, tamen hæc ſemper lenticulam tenent adiunctam, neque omnem approbationem meruerunt. *Campus* deinde microſcopii vocatur illud ſpatium omne, in quo obiecta conſpiciuntur. De ſphærulis notari debet, quod eæ etiam ſi aqueæ ſint obiecta augeant, ſed minus tamen quam æquales vitreæ. Simplex itaque microſcopium ita ſolet adornari, vt obiectum aliquod paruum ſtatuatur in diſtantia foci a lenticula admodum exigua vitrea, ex cuius parte oppoſita oculus deinde proxime admouetur, atque ſic obiectum aſpicit. Cum vero, per experientiam, res aliqua nudo oculo valenti apparere ſoleat diſtincta in diſtantia circiter 8 pollicum, quod etiam *Hugenius* aſſumit, *l. c. prop.* 59; & iam res eadem per lenticulam inſpecta oculo fiat propior; erit rei diameter hæc, quam *auctam* vocamus, ad diametrum illam, quam *veram* dicimus, in ratione inuerſa diſtantiarum ab oculo, (88.) hoc eſt vti 8 ad diſtantiam foci lenticulæ in pollicibus expreſſam, quam tantiſper appellabimus f; adeoque erit diameter aucta = $\frac{8}{f}$ veræ. Sed in tanta propinquitate oculus nudus rem non poſſet contueri diſtincte; cui autem defectui medetur lenticula, quæ efficit, vt rei in foco poſitæ radii incidentes omnes in oculum ingrediantur paralleli, (184.) qui diſtinctam viſionem

efficiunt. Adeſt igitur in microſcopio ſimplici viſio *diſtincta* rei *propinquæ*, in quibus omnis eorum virtus & excellentia conſiſtit. Ita ſi ex. gr. lenticula habeat diſtantiam foci $\frac{1}{5}$ poll. erit diameter rei auctæ = 40 diametris veris, adeoque hæc diametrum quadrageſies augebit. Vt porro obiecta quæuis commode in diſtantia requiſita ad talem lenticulam admoueri, & in ſuo ſitu immota teneri, prætereaque ſufficienter illuminari, poſſint: tam variæ ab artificibus excogitatæ ſunt, & quotidie adhuc excogitantur, ſtructuræ, vt eas recenſere nequeamus. Eminent vero inter illas, quæ debentur viris ingenioſiſſimis *Leeuwenhœkio*, *Iohanni van Muſſchenbrœk*, & *Culpeper*, quæ famam nactæ ſunt ob commodiſſimum quem præſtant vſum. Quomodo autem tales lenticulæ exiguæ comparentur, docet iterum *Hugenius*, *l. c. pag. 173*, liquefaciendo nempe tenue filum vitreum lampadis ope, quæ olei loco ſpiritu vini repleta eſt, & pro ellychnio tenet faſciculum tenuiſſimorum filorum argenteorum, vt ne fuligine inficiantur lenticulæ ita liquefactæ; & quia ſphærulæ multo minores confici poſſunt, quam lenticulæ: hinc illæ optime ad microſcopia adhibentur.

207.

Vtriusque generis lentes ſimplices frequentiſſime adhibentur ad corrigenda oculorum vitia,

vitia, (118.) in quo casu *perspicilla*, *Brillen*, vocantur. Horum inuentionem *Francisc. Redi* tribuit monacho *Alexandro Spinæ*, circa annum Christi 1285 factam, vti legitur in *Journal des Savans 1679, pag. 52*, cum veteribus, quantum constat, nihil quicquam huius vsus cognitum fuerit. In horum vero locum surrogari posse laminam, vtrique oculo applicatam, duobus solis foraminulis pertusam credidit *Fabry*, *l. c. 1666, pag. 629*, sed minus consentiente experientia. Microscopia vero indicata aliquantum fuerunt a *Seneca*, *Natural. Quæst. lib. I*, *cap. 3*, dicente, *poma per vitrum aspicientibus multo maiora sunt*; quod idem repetit de pila aquis repleta, *cap. 6*. Ipsius vero inuentionis annus incertus est, vti aliarum fere omnium. Nondum autem anno 1618 microscopia simplicia exstitisse apparet ex eo, quod *Hieron. Syrturus*, qui de origine & fabrica telescopiorum illo ipso anno librum edidit, non fuisset silentio præteriturus tam insigne inuentum, si iam tum cognitum fuisset. Certant de hac inventione *Fontana* & *Drebbelius*, circa annos 1625 & 1621, de quo vid. *Hugenius Dioptr. pag. 170*. Sphærulas aqueas in vsum microscopii primus adhibuit *Steph. Gray*, *Philosoph. Transact. num. 221*, & *223*; scilicet cauitati sphæricæ, vtrinque tenuissimo foramine, per quod aqua non effluit, pertusæ infundendo aquæ guttulam, & per foraminula

transſpiciendo; aut ſphærulæ vitreæ aquam infundendo. Eidem micrometrum addidit *Hautefeüille*, *Iourn. des Sav.* 1704, *pag.* 32; ac denique microſcopium confecit, quod ſimul etiam eſſet paruum teleſcopium, *Iobelot*, *Mem. de Trevoux* 1719, *Sept.*

208.

Mirabilis autem eſt, teſte *Hugenio l. c.* microſcopiorum effectus, ex quo naturalium rerum cognitio multum lucis accepit. In his eſt obſeruatio manifeſta circulationis ſanguinis, quam primus monſtrauit *Leeuwenhœkius* in anguillulæ cauda pellucida, quæ ſanguinem globulis ſubrubentibus conſtantem, quorum quilibet ex ſex aliis compoſitus eſt, celeri motui per canaliculos arteriarum currentem oſtendit; demiſerat autem anguillulam viuam in tubum vitreum aqua ſemiplenum, cui extrinſecus microſcopium applicabat ea parte, qua cauda vitrum tangebat. Iucunda eſt etiam animalculorum obſeruatio aquæ guttulis innatantium, in quam zingiber, piper, aut aliud quid odoris acrioris, diebus aliquot demerſum fuit; quod idem fit quoque in ſemine coriandri, in nuce moſchata, cinamomo, nec non in ſucco betulæ poſt 5 aut 6 dies, vid. *Iourn. des Sav.* 1678, *pag.* 346; item anguillularum aceti, quæ vti piſces natant, & fœtus ex ſe excludunt. Illa animalcula ex aëre allici, propter

propter odorem, verisimile est, quia variis aliis rebus in aqua maceratis eædem formæ reperiuntur, sed clauso vasculo nullæ apparent; facile autem ob insignem paruitatem in aëre sustinentur, (I, 391.) cum minimis puluisculis multo minora sint; hinc multa ipsorum millia sæpius in pulmones demittimus ignari. In aceto autem deprehensum fuit, animalcula illa non in omni, quantumvis bonæ notæ, aceto conspici, & in hieme mori, non facto inerti aceto; necantur hi vermiculi ab iniectis aliquot guttis vini. Vid. *Regnault Entret. Phys. p. 223*, & *Boyle, de infido experim. successu, p. 58 & 129.* Lac exiguis globulis pellucidis constare apparet in liquore pellucido natantibus. Mitto insectorum minimorum tot mirabiles formas; alas papilionum & culicum plumulis exiguis obsitas; atque sub alis hisce degentes vermiculos & pediculos, teste *Frid. Hoffmanno, Demonstrat. III, Phys. curios.* vbi legitur quoque, situm conspici vt copia exiguarum plantularum capsulis etiam seminalibus gaudentium; mitto quoque puluisculos in mediis florum apicibus hærentes, qui nihil aliud sunt, quam folliculi transparentes, ea materia pleni, ex qua apes ceram conficiunt, pedibusque suis affixam in aluearia deferunt. Omnium vero mirabilissimum putandum est, quod in semine animalium masculorum immensa multitudo animalculorum, piscium,

more,

more, natet, eius fere formae, quam ranae habent nuper natae, ac nondum pedibus auctae. Maculae in parietibus vrbium dealbatis oriundae non a fumo aut puluere oriuntur, sed siluam plantularum & musci per microscopia sistunt, docente *Reaumur*, *Mem. de Paris 1729, p. 186.* Ex omnibus plantis in putredinem abeuntibus nascuntur varia insecta, solo microscopio visibilia. Saluia saepe noxia deprehensa fuit non lota, dum nempe cooperta erat insectis minimis. *Hookius* in sua *Micrographia* tradit sequentia: acies nouaculae acutissimae obtusa & dentata apparet. Vrticae folium consitum est aculeis tenuissimis, quorum basis liquore venenoso est repleta, qui se vulnusculis ab apice factis inserit; quod eodem modo se habet in aculeis pulicum, pediculorum, apum, &c. Idem obseruauit quoque, capillos humanos fere rotundos, conicos, pellucidos, sine filamentis, & cauitate destitutos; pulicis saltum absolui crurum ope, non autem alarum; carbones habere ingentem numerum pororum, vnde nigredinem eorundem deriuat, quia scilicet ex his poris nulla lux potest reflecti, & nigredo est absentia lucis. Plura vid. in *Dictionaire vniuersel de Math. & de Phys. Tomo II, pag. 159;* nec non, *Bakeri zum Gebrauch leicht gemachten Microscopio*, quae versio Germanica prodiit *Tiguri 1753.*

209.

Vt denique de *tertia* applicatione refractionis agamus, de lentibus nempe vitreis, seu mediis vtrinque terminatis, aliquot inter se combinatis, capiantur duae lentes, concaua altera, altera conuexa, atque, illa prope oculum posita, haec altera manu admoueatur aut remoueatur; accidet tandem vt inueniatur talis situs harum lentium, vt obiecta longinqua, per vtramque lentem visa, appareant erecta, distincta, & amplificata. Hoc experimentum casu fortuito ab artifice multum in poliendis vitris laborante excogitatum, vti quidam putant, primam dedit originem *Telescopiis*, a perfecte videndo ita dictis, seu *Tubis Opticis*, quae sunt instrumenta ex lentibus vitreis, speculis etiam interdum, composita, per quae remota tanquam vicina spectari possunt; vel, quae longinquorum efficiunt accuratam visionem. Revera autem talis tubus nil aliud est quam camera obscura oblonga, in qua obiecti imago, non in charta, sed microscopio simplici, hoc est, lenticula conuexa, vel concaua, excipitur atque aspicitur, cuius experimentum iucundum institui potest in camera obscura, cum oculari conuexo aut concauo; sunt enim & lentes concauae microscopia, si effici queat, vt radii in eas incidant conuergentes. Melius itaque succedit haec visionis perfectio, si vitrum vtrumque tubo

tubo intus obſcurato, & nigro colore obducto, includatur in diſtantia debita, ne radii peregrini eos, qui ab obiecto in oculum proficiſcuntur, turbent. Illud vitrum, quod in tali tubo admoueri debet oculo ſpectatoris, vocatur *vitrum oculare*, alterum vero, quod verſus obiecta dirigitur, *obiectiuum*; &, ſi pluribus vitris conſtet tubus, omnia anteriora vocantur ocularia, ſolum vero vltimum, quod prius, obiectiuum.

210.

Quoniam autem plures dantur modi vitrorum politorum ope remota tanquam vicina ſpectandi, ſequentia hodie præcipue celebria ſunt teleſcopiorum genera. *Primum* eſt *Tubus Hollandicus*, ſeu *Galilæanus*, quia in Hollandia primum fuit conſtructus, a Galilæo autem primum ad obſeruationes Aſtronomicas adhibitus; conſtat is, vti in præcedenti experimento indicatur, lente oculari concaua, & obiectiua conuexa, ita collocatis, vt illius focus virtualis præciſe collocatus ſit in huius foco reali. Sed breuis vſus huius tubi docuit, quod, quo magis obiecta amplificat, eo minorem obiecti partem oculus vno obtutu comprehendat, hoc eſt, quod *Campum* habeat anguſtum. Quamuis autem huic defectui obuiam ire aliquantum poſſimus, ſuadente *Hugenio*, *Dioptr. p. 132, prop. 48*, claudendo nempe oculum ante, quam

quam tubo is admoueatur, vt ex tenebris pupilla dilatetur: (80.) desiit tamen in vsu esse hodie, nec eo vtimur nisi in tubis minoribus portatilibus. *Secundum* genus est *Tubus Astronomicus*, in quo vtrumque vitrum est conuexum, sed ita locatum, vt focum vtrumque habeant communem interpositum. Habent hi campum multo ampliorem quidem, sed obiecta repraesentant in situ inuerso, quod, cum in obseruandis sideribus nihil officiat, effecit vt ad vsus Astronomicos vnice adhibeatur hoc telescopium, a quibus etiam nomen accepit. Docuit autem *Hugenius*, quomodo haec, adhibito speculo, obiecta spectanda sistant etiam erecta, *l. c. pag.* 146. *Tertium* genus dicitur *Tubus Terrestris*, qui ordinarie conficitur ex tribus vitris ocularibus conuexis, obiectiuo itidem conuexo, & obiecta in situ naturali erecta ostendit, campumque tenet pariter satis amplum, atque nomen accepit, quia ad spectanda corpora terrestria remota commode adhiberi potest. *Quartum* genus dicitur *Tubus Newtonianus*, a *Newtono* inuentus, qui non solis lentibus vitreis, sed duobus etiam speculis constat, adeoque non per solam refractionem, sed per reflexionem quoque, obiecta spectanda exhibet, atque ob hanc etiam caussam *Tubus Reflectens* vocatur, quo artificio longitudo tuborum, magna alias, mire contrahitur, maioremque nanciscitur commodita-

ditatem. *Quintum* genus constituit *Tubus binoculus*, cuius ope obiecta vtroque oculo simul spectari possunt, qui vero curiositati magis quam vtilitati inseruit.

211.

Rationem igitur reddituri primi generis horum Telescopiorum, nempe Tubi Hollandici, sint lentes conuexa A, & caua D, coniunctae sic, vt huius focus virtualis O coincidat cum illius foco reali. Hae si dirigantur ad obiecta longinqua, ab his incident in obiectiuam radii paralleli L & M, qui refracti peruenirent in focum suum O. (184.) Sed in itinere incidunt in lentem ocularem D, cavam, in quam sic incidunt, ac si ex puncto O venissent; in hac ergo lente denuo refracti, exeunt paralleli per BI & CK, (199.) atque sic oculo illabuntur. Ex hac igitur oeconomia apparet, punctum obiecti L videri in I, in eodem latere, ex quo reuera iacet, adeoque obiecta cerni ab oculo erecta. Si abesset ocularis, oculus tamen in O distinctam haberet visionem, ob radios ad A parallelos incidentes, & paullo ad oculum postea conuergentes. Quia autem vtraque lente efficitur, vt radii paralleli in A incidentes ex D iterum paralleli exeant; & ex radiis parallelis distincta fit visio: patet, oculum etiam in O rei obiectae distinctam habere visionem; sed simul quoque aspectum habet

Fig. 87.

pro-

propiorem, quia putat radios parallelos profluere a lente D: ergo diametri obiecti apparentes erunt in ratione inuersa distantiarum, (88.) hoc est, diameter apparens apud A, quæ hoc casu diameter vera dicitur, erit ad diametrum auctam in oculo apud O, vti DO : AO, in ratione distantiæ focorum vtriusque lentis. Denique posita pupillæ diametro BC = d, in quam nempe extremi radii BI & CK incidere possunt, longitudine tubi DA = l, & ductis rectis per centrum obiectiui vitri BAH, CAG, erit campi diameter apparens angulus GAH = BAC, & semidiameter apparens BAD. Est autem DA (l) : DB ($\frac{1}{2}d$) = sinus totus (1) : tangentem diametri campi = $\frac{d}{2l}$. Ex quo manifestum est, quo apertior sit pupilla: eo maiorem esse campum eiusdem tubi, vnde profluit experimentum *Hugenii*; (210.) deinde, quo longior sit tubus, hoc est, quo magis augeat obiecta, eo minorem esse eiusdem campum, pro eadem pupilla.

212.

Deinde pro secundo genere tuborum, sint duæ lentes conuexæ A & D, in illam, obiectiuam, incidant e longinquo radii paralleli L & M, qui collecti in foco O inde exibunt rectis viis OC, OB, continuatis, atque sic iterum paralleli ex oculari exibunt per CK & BI; quare oculus apud IK con- Fig. 88.

 stim-

ſtitutus videbit punctum obiecti L in directione CK, hoc eſt, ex parte oppoſita ipſius L; quod idem cum reliquis etiam obiecti punctis accidat: patet, oculo obiectum videri inuerſum. Si oculus in O poſitus eſſet, videret obiectum diſtinctum per obiectiuam lentem A, illapſum nempe per radios parallelos L & M, & deinde demum ad O conuergentes. Idem oculus locatus in foco ipſi O oppoſito P cerneret hoc obiectum pariter diſtinctum, ob radios BI, CK, parallelos, ſed propius poſitum, putans nempe obiectum in ipſa oculari BC eſſe ſitum; erit igitur, vti prius, obiecti magnitudo vera ad auctam vti PD ad AO, hoc eſt, vti DO ad AO, diſtantiæ focorum. Ducantur ex B & C rectæ per centrum obiectiuæ BAH, & CAG, atque erit huius teleſcopii ſemicampus BAD; erit nunc autem BD dimidia diameter ocularis vitri; nam ob rectas FOC, EOB, tota ocularis ab obiecto repletur, cum in priori caſu tantum pars aliqua ocularis repleatur, nempe BC, ob radios in hanc conuergentes, (Fig. 87) hic autem diuergentes; poſitis igitur diametro ocularis BC $=$ D, longitudine tubi $=$ L, erit in triangulo BDA, AD(L) : DB($\frac{1}{2}$D) $=$ ſinus totus (1) : tang. ſemicampi BAD $= \frac{D}{2L}$. In priore autem tubo idem ſemicampus erat $\frac{d}{2l}$; ergo eſt campus tubi Hollandici ad

cam-

campum tubi Astronomici = d : D, posita vtrinque eadem longitudine tubi, hoc est, vti diameter pupillæ ad diametrum vitri ocularis; vnde in tubo Astronomico campus multo est amplior, quam in Hollandico.

213.

Reliqua tuborum genera præcedentibus modis possunt explicari; sed inuentionis epocha valde est difficilis indicatu. Quanquam enim *Porta*, *Magiæ naturalis lib. 17. cap. 10.* publicatæ in anno 1589, indicium quod horum fecerit, dicendo, si vtramque; lentem nempe concauam & conuexam, recte componere noueris: & longinqua & propinqua maiora & clara videbis: certum tamen est, telescopiorum vsum non prius inualuisse quam anno 1609; quo ipso anno *Simon Marius* auxilio talis tubi, ex Belgio ad *Ioh. Phil. Fuchsium*, Marchionum Brandeburg. Consiliarium Int. missi, satellites Iouis detexit. Vid. *Marii Mundus Iouialis, in Præf.* Siue iam inventor fuerit *Lipershemius*, aut *Metius*; *Galileus* certe in *Nuncio Sidereo* ingenue fatetur, se huius instrumen

traneo accepisse.

riri possunt ex *D*

& de Phys. Tomo

ca, pag. 124. Miss

se apud Sinenses i

mas, in quibus st

etiam telescopicæ

 Vid.

vid. *Obſeruations Mathematiques &c. faites en la Chine du P. Souciet, pag. 3*, vnde antiquiſſimum teleſcopii vſum in Sina probare conati ſunt; ſed plura hic ſunt, quæ efficiunt vt fidem noſtram ſuſpendamus.

214.

Teleſcopia inſignia hucusque innotuerunt ſequentia. *Hartſœker* lentem obiectiuam elaboraſſe dicitur foci 600 pedum, in *Fontenelle Eloge de M. Hartſ. p. 275.* *Heuelius* tubum ad vſus aliquot adhibuit longitudinis 140 pedum, vid. *Machinæ Cœleſtis pars prior cap. 21.* *Hugenius* tubo 23 pedum figuram Saturni detexit, & ſatellitem eius quartum, in *Syſtem. Saturnino p. m. 537.* Idem Societati Regiæ Anglicæ alium dono dedit longitudinis 123 pedum, optime elaboratum. *Caſſinus* tubis 35, 40, & 70 pedum reliquos Saturni ſatellites tandem conſpexit. *Campanus* 100 palmorum teleſcopium conſtruxit, quo *Blanchinus* maculas Veneris obſeruauit; vid. *Heſperi & Phoſphori noua phænom.* Semper autem præſtat habere teleſcopium breuius, in quo lentes ſint exactiſſime elaboratæ, quam longius, obiectiuæ lentis minus exquiſitæ. Docuit *Hugenius*, *Dioptr. p. 142*, tubum conficere ex tribus lentibus conuexis, qui obiecta & maiora, & erecta, & amplo in campo ſiſtat. Sed hos non eſſe optimæ notæ legitur in *Diction. de Math. & de Phyſique*,

tomo II,

tomo II, p. 441. Idem etiam inuenit vſum vtriusque lentis ſine tubo, quod *teleſcopium aërium* vocauit, in *Aſtroſcopia Compendiaria* deſcriptum, *Operum ipſius Lugd. 1724 editorum vol. I, pag. 261*, quo artificio ipſe tubum 70 pedum facile rexit. Vſum autem teleſcopiorum non eſſe fallacem, experimentis & rationibus probat *Zucchius*, in *Philoſophia Optica*. *Carteſius*, in ſua *Dioptrica 1637 edita*, docet conſtruere tubum Hollandicum valde magnum, qui vero ob paruitatem campi vix ſenſibilem nullius vſus eſſet; & mirum eſt, *Galilæum* tali tubo 5 pedes longo potuiſſe motus ſatellitum Iouis indagare. *Keplerus* anno 1611 primus tubum Aſtronomicum ingenio ſuo inuenit in Dioptrica ſua. *De la Hire in Mem. de Paris 1717, pag. 86.*

215.

Supereſt vt breuibus adhuc indicemus machinas alias quasdam & *Dioptricas*, & *Catadioptricas*, quales ſunt (1) *Microſcopia compoſita*, quæ etiam *Anglica* vocantur, quia ibi primum a *Drebbelio* confecta, poſt hunc autem alia inſignia elaborata ſunt ab *Hookio*, *Marſhallo*, *Bonanno*, & aliis. Includere ſolent hodie Angli ſolam lentem ocularem tubo conico, exeunti in foramen piſi magnitudinem habens; hoc foramen, ſi aquæ puræ immergatur, & extrahatur, tenebit guttam aquæ ſuſpenſam, quæ vices lenticulæ obie-

ctiuæ gerit, & mire amplificat. Horum omnium theoriam egregie perdocet *Hugenius*, *Dioptr. p. 176.* Et quodlibet quidem Telescopium erit Microscopium, si lentem obiectiuam maiori interuallo ab oculari remoueris. *Dechales Dioptr. lib. II, prop. 26.* (2) *Laterna Magica*, aut *Megalographica*, vel *Taumaturga*, de qua paullo post (216.) separatim adhuc, est laternæ quoddam genus, picturas exiguas in opposito pariete multum auctas depingens, in camera obscura, lampadis ope, aut etiam lucis solaris, in quo casu vocatur *Microscopium solare*, aut *Apparatus solaris*, inuentus a *Celeberr. D. D. Lieberkühnio.* Antiquioris autem illius laternæ inventor est *Athan. Kircherus*, & requiritur in hac, vt flamma in cistula accensa sit viuidissima, oleo & gossypio alenda; vt picturæ supra vitrum depictæ sint coloribus aqueis & pellucidis, quo melius a luce lampadis penetrentur; motus etiam imaginibus repræsentatis comparari potest, quod mire delectat, si imagines ipsæ clam moueri, aut gyrari queant. Descriptionem perfectissime dedit *Grauesande tomo II, p. 873.* (3) *Polemoscopia*, sunt tubi inflexi, ad spectanda obiecta oculo non in directum iacentia idonei; quorum inuentor est *Heuelius*, qui hoc ipsis nomen imposuit, quia eorum in bello vsus esse potest, vt quis supra vallum conspicere possit hostes aggredientes, nec tamen caput

ipsorum

ipsorum ictibus exponat. (4.) *Helioscopiæ*, quæ sunt tubi Astronomici, per quos solem contueri licet; hic enim per telescopia ordinaria inspectus oculos fere necat. Hæc sequentibus modis absoluuntur. *Primo*, lens vtraque ex vitro colorato, sed pellucido tamen, constet. *Secundo*, cum *Heuelio* ante lentem ocularem tubi ordinarii teneatur duplex vitrum coloratum glutine connexum cum interposita charta, cui tenue foramen inflictum. *Tertio*, vitrum oculare tubi ordinarii fuligine candelæ accensæ inficiatur. *Quarto*, ante lentem ocularem teneatur duplex vitrum fuligine resinæ vel picis obductum, quo modo maculæ solares obseruari possunt; vid. *De la Hire Tab. Astron. pag. 72.* *Quinto*, sol per tubum in cameram obscuram intromittatur, eiusque species charta, ad tubi axem perpendiculari, excipiatur, de quo vid. *Hugenius Dioptr. prop. 50.*

216.

Athanas. Kircherus, *Art. magna Lucis & Vmbræ lib. X, part. III*, lucernæ Magicæ suæ constructionem, licet imperfecte, exponit, & in *Præf. Cryptologiæ nouæ* inuentorem se pronunciat. Sed *Kohlhansius* in fine Tractatus sui, *Neu-erfundene Mathematische und Optische Curiositæten*, verum inuentorem indicat *Ioh. Francisc. Griendel ab Ach*, Opticum Noribergensem. *Kircherus* solis lumen adhibuit,

absente speculo cauo & lampade, quem vero modum fatetur ipse emendasse *Walgensteinium*, Danum, qui in meliorem formam hanc laternam reduxit, & magno suo lucro diuersis in Italia Principibus vendidit. *Ioh. Zahn* animalia viua per eam repraesentauit; admouit etiam horologia nocturna, lampadis ope per eam indicantia horas. *Weigelius* anno iam 1697 laternae suae auxilio exhibuit hircos arietantes, & vrsum, qui vnguibus suis virum peteret. Vid. *Ehrenberger* in Dissert. *Nouum & curiosum laternae Magicae augmentum*, anno 1713 edita, in qua molae alatae, cuius alae circumeunt, repraesentandae artificium ostenditur.

217.

Referuntur huc etiam *Perspicilla*, Brillen, quorum inuentionem supra (207.) tetigimus, & cognitio generalis haec est. *Myopis* oculum itaque corrigunt lentes concauae. Nam quia hic propinqua distincte, remota confuse, videt, (84.) *kurzsichtig*: lens concaua eius oculo applicata efficiet, vt radii obiecti alicuius, paralleli incidentes, ita dispersi incidant, vt ex puncto propiori, foco nempe virtuali lentis, emanasse credantur, adeoque res remota spectetur tanquam propinqua. *Presbytae* vero oculum emendant lentes conuexae. Cum enim hic remota distincte videat, propinqua autem confuse, (84.)

weit-

weitsichtig oder *übersichtig*: vicinarum rerum radii ita transformandi sunt, vt quasi ex obiecto remoto oculum ingrediantur, quod fit per lentes conuexas. Lentium autem huic vel alteri oculo conuenientium mensuram definiet vel experientia, vel theoria, si obseruatio prius instituatur in quanam distantia hic vel ille obiectum videat distincte. De quo vid. *Hugenius Dioptr. prop. 32*; nec non *Dechales in Dioptr.*

218.

Post refractionem considerandi sunt colores, qui originem illi præbent suam. Considerari possunt hi in corpore vel luminoso, vel illuminato. Illius generis sunt albedo in sole, rubedo in oculo tauri, qui forsan atmosphæra fumosa cinctus est, flauedo in flamma sebacea, cœrulus color in accenso spiritu vini, sulphure, &c. huius vero generis sunt flores, panni, metalla; &c. Atque hi quidem varii, varias etiam nacti sunt explicationes. *Aristoteles* quidem, *De Anima*, *lib. II*, *cap. 7*, cum omnia plena esse ipsi viderentur, necessario assumere debuit corpora quædam pellucida, per quæ alia oculis cerni possint, qualia posuit esse aërem, aquam, glaciem, vitrum; sed cum noctu nihil per hæc corpora videatur: dixit illa noctu potentia tantum translucere, quam potentiam cum lux sola perficere possit: conclusit, lucem esse actum translucidi

qua talis. Quo ipſo recte dixit; nihil enim hoc aliud eſt, quam lucem id eſſe, cuius ope videmus; dummodo naturam magis quam artem abſtruſam in verbis ſuis ſequi voluiſſet. De colore porro obſeruauit, rem coloratam, cum ipſa diſtet ab oculis, pellucidum prius commouere debere, quam ſenſum afficere poſſit; cum autem color neque per opaca, neque per potentia tantum pellucida, videatur: ſtatuit, colorem eſſe id, quod mouet corpus actu translucidum. Horum vero inſufficientiam ipſi eius quidam ſectatores agnouerunt.

219.

Senecæ, *Natural. Quæſt. lib. I, cap. 7*, cognita erant priſmata triangularia vitrea, nouerat etiam, elici ex illis poſſe colores in iride conſpicuos; quod phænomenum cum explicare ſtudet, colores dependentes eſſe ſtatuit a mixtura varia lucis & vmbræ; quam ſententiam amplectitur quoque *Barrowius*, *Lect. Opt. XII*, §. *17*, cum aſſerit, *album* eſt, quod lucem copioſam, pariter vbique ſpiſſam, circumfundit; *nigrum*, quod lucem parciſſime diffundit; *rubrum*, quod lucem effundit hinc inde confertam, aſt interſtitiis vmbroſis diremptam; &c. multos vero colores ex ſimpliciorum contemperatione emergere. Hoc idem ſtatuit quoque in *Mem. de Trevoux 1705, m. Aprili, p. 675*, *Nuguet*, quia in medio pellucido,

lucido, aëre ex. gr. nulli colores oriantur, quoniam ſcil. ibi nullæ exiſtunt vmbræ.

220.

Carteſii explicatio huc redit, vt colores ſint ipſum lumen, cum certa modificatione ad oculos reflexum. Tribuit nempe particulis ſimpliciſſimis, ex quibus materia lucis conſtat, duplicem motum, vnum directum & progreſſiuum, alterum rotatorium; deinde cum huius vel illius, plus adeſt in luce, aut minus, alium atque alium exſurgere colorem ſtatuit, vt quæ particulæ multo validius rotari nituntur, rubicundum colorem efficiant, & qui paullo validius, flauum. Vid. ipſius *meteororum cap. VIII, § 7. Malebranchius* colores conſiſtere dixit in lucis motu vibratorio fortiore aut debiliore; adeoque ſonorum habere aliquam ſimilitudinem, vid. *Mem. de Paris 1699, p. 17*, nec non *Entretiens Metaph. 12.* Quid vero *Newtonus* in hac re difficili præſtiterit, breuiter videamus, dum alias quasdam adhuc explicationes prætereundas cenſemus.

221.

Ad colorum itaque naturam in *Newtoniano* ſyſtemate explicandam obſeruandum eſt, ſecundum neruoſiſſimas notas *Clarkii* ad *Phyſ. Rohaulti*, *P. I, cap. 27, § 52*, experientia compertum eſſe, radios lucis ex particulis compoſitos eſſe inter ſe diſſimilibus, atque etiam

inæ-

Fig. 89. inæqualibus. Radius enim FE superficie refringente AD, in loco tenebricoso, exceptus non integer refringitur ad L, sed in plures radiolos diffinditur ab L ad G vsque. Ergo lucis particulæ eæ, quæ sunt omnium minutissimæ, facillime etiam & maxime a superficiei refringentis actione detorquentur a via recta, (165.) reliquæ vero maiores minus. Et particulæ quidem lucis minimæ, quæ maxime refringuntur, aut proxime ad perpendicularem accedunt, radiolum semper constituunt violacei coloris, qui vibrationes excitat in retina oculi breuissimas, quæ inde per solidas neruorum opticorum fibras in cerebro sensum excitant huius coloris tenebricosissimi & languidissimi reliquorum omnium, in quo existit, ex *Newtoni* obseruatis, ratio refractionis = 109 : 81, aut 1000 : 743. Quæ autem particulæ minime refringuntur, aut maximæ sunt in lucis materia, illæ radiolum constituunt rubei coloris, hoc est, vibrationes excitant diuturnas in retina ad sensationem mouendam coloris rubei, fulgentissimi omnium reliquorum, in quo obtinet ratio refractionis = 4 : 3, aut 1000 : 750, ex quibus numeris patet, radium rubrum minus ad perpendiculum accedere, aut minus refringi, quam violaceum. Reliquæ particulæ, pro cuiusque magnitudine & refrangibilitate in radiolos itidem separatæ, vibrationes excitant in-

termedias, ad sensationes colorum intermediorum excitandas, simili ratione, qua vibrationes aëris, pro sua ipsarum diuersa duratione, sensationes sonorum excitant diuersorum. Hinc itaque colores illorum radiorum non sunt aduentitiæ eorum modificationes, sed connatæ & necessariæ ipsorum proprietates, adeoque immutabiles. Hinc etiam hæc separatio radiorum in prismate vitreo, post duplicem refractionem, magis fit manifesta, vti mox videbimus.

222.

Intromittatur ergo in cameram obscuram radius solaris per foramen A, circiter ¼ pollicis in diametro, atque is reflexus a speculo BC, metallico si fieri potest, & plano, incidat in prisma vitream D, ex quo deinde exeat horizontaliter per ER; ad quod efficiendum, ob altitudinem solis, speculum, aut etiam aliud prisma, vnice adhibetur; his ita constitutis opponatur huic radio horizontali refracto in distantia 15 aut 20 pedum charta alba verticalis, atque obseruabitur, imaginem, quam radius refractus format in hac charta, non esse rotundam, sed oblongam, terminatam ad latera lineis rectis parallelis, supra vero & infra arcubus circuli. Demonstratur per hoc experimentum, non omnes solis radios, in iisdem positos circumstantiis, eandem pati refractionem. Si enim Fig. 90.

radii

radii per prisma non transirent, aut, cum per hoc transeunt, omnes aequaliter refringerentur: formarent solis imaginem rotundam; quia ergo non aequaliter refringuntur, fit, vt ex radio minus refracto oriatur superior, ex magis refracto autem inferior, imaginis oblongae ora. Haec itaque est illa a *Newtono* primum detecta radiorum *diuersa refrangibilitas*, & haec est radiorum solarium, quibus omne, quo fruimur, lumen debemus, *heterogeneorum*, hoc est, magis aut minus refrangibilium, Anatomia quaedam; illi enim, qui in iisdem circumstantiis eandem etiam subeunt refractionem, vocantur *homogenei*. Idem hoc probatur quoque alio tentamine, quo duae fasciae sericae, rubra & violacea, quadratae aliquot pollicum, super charta nigra sibi mutuo coniunctim agglutinatae, & bene illuminatae, per prisma vitreum aspectae apparent disiunctae. Hanc diuersam radiorum refrangibilitatem se ante *Newtonum* inuenisse contendit *Hartsoeker*, *Journ. des Sav. 1723 p. 195.* Alias praeterea Obiectiones, petitas ex infelici successu horum experimentorum a *Mariotte* factorum; ex inuentione hac prius iam a *Vossio* facta, vid. *Diction. Vniuersel de Math. & Phys. tit. Couleurs.*

223.

Cum radius solus ipse, irrefractus, candidus sit, & talis etiam in obiecta charta appareat:

pareat: in imagine tamen solis oblonga, praecedenti experimento producta, obseruatur. porro, eandem tinctam esse variis coloribus pulcherrimis, quorum ordo in casu experimenti memorato semper idem est, nempe superior *ruber*, hunc sequuntur descendendo *aureus*, *flauus*, *viridis*, *coeruleus*, *indicus*, infimus vero est *violaceus*. Hinc sine dubio fit, vt, cum solem intueamur, & oculos subito claudamus, clausis etiam his nobis appareant successiue iidem hi colores, ruber primo, deinde flauus, &c. & vltimus violaceus; vid. *Bannieres Traité Phys. de la lumiere.* Patet exinde, diuersam radiorum solarium refrangibilitatem cum diuerso colore esse coniunctam, singulosque radios, prout magis aut minus refringuntur, colorem sibi proprium & immutabilem habere. Si vero memorati colores attentius considerentur, patebit, aureum & flauum reduci posse ad flauum solum, qui duo non nisi gradu differunt; pari modo etiam coeruleum, & indicum, & violaceum, ad coeruleum solum referri posse; quo facto sequentes modo habentur colores, *ruber*, *flauus*, *viridis*, & *coeruleus*; atque cum porro viridis nihil aliud sit quam mixtura ex flauo & coeruleo oriunda, (224.) quod pictoribus optime notum est: deducitur exinde, colores non nisi tres originarios & primitiuos esse, nempe *rubrum*, *flauum*, atque *coeruleum*; quod ab aliis iam animaduersum est, vid.

vid. *Franc. Aguillonii Optica*, *1613 edita*, *pag. 40*. Idem ſtatuit etiam *Le Blon*, pictor magni nominis in Anglia, ac ex rubro, flauo, & cœruleo, omnes reliquos poſſe produci, ne nigro quidem excepto, *Iourn. des Sav. 1722*, *p. 46*. Putatque *Illuſtr. Fontenelle*, eſſe tantum duos principales colores, rubrum & violaceum, cum flauus ſit ruber diminutus, cœruleus ſit violaceus debilitatus, viridis autem flaui & cœrulei mixtura. *Mem. de Paris 1673*, *p. 163*. Sequitur etiam ab hoc experimento, radios colorem rubrum ferentes minime omnium refringi, maxime autem huic deflexioni obnoxios eſſe coloris violacei radios. Porro colores hi iidem apparent, ſi vbicunque, & in qualibet a priſmate diſtantia, excipiantur charta; reflecti quoque ſpeculi ope poſſunt. Si imago hæc colorata excipiatur charta perforata alicubi, vt ex. gr. ſolum lumen flauum transmitti poſſit, & hoc deinde alio priſmate denuo refringatur, aut ſpeculo reflectatur; obſeruabitur, talem radium colorem ſibi proprium conſtanter ſeruare, quæcunque illi accidat mutatio.

224.

Eadem ſolis imago oblonga excipiatur in diſtantia 6 aut 7 pedum a priſmate lente conuexa, quæ radios omnes in focum ſuum congregabit. Si itaque eo in loco, vbi focus

cus conſpicuus eſt, teneatur charta alba, diſparebunt omnes colores, mutabunturque in meram albedinem; ſi eadem charta teneatur in diſtantia maiori quam focus eſt, redibunt colores, ſed ordine poſiti inuerſo. Vnde apparet, colorem album nihil eſſe quam commixtionem omnium colorum in radiis ſolaribus contentorum; & ſi radii ſolares vti ad nos perueniunt in totum ab aliquo corpore reflectantur, id apparere album; veluti nigrum eſt illud, quod debiles aut pauciſſimos, aut nullos, radios reflectat. In diſtantia autem maiori, quam focus eſt, colores inuerſi repræſentantur, quia radii in foco ſe decuſſant. In eodem hoc experimento ſi color ruber charta nigra intercipiatur, euaneſcit albedo, mutaturque in colorem ſubcœruleum; eadem albedo vergit ad rubedinem, ſi radii cœrulei & violacei intercipiantur; ſi vero excludantur omnes colores præter flauum & cœruleum, eadem albedo mutatur in colorem viridem, vti etiam noctu, vel in camera obſcura, ſi ad flammam candelæ ſebaceæ corpus cœruleo colore tinctum aſpiciatur, hic in viridem mutatur, quia nimirum hæc flamma flauedinem præ ſe fert, quæ cum cœruleo permixta viredinem efficit. (223.) Hinc etiam obiecta, per vitrum cœruleum cum flauo iunctum aſpecta, viridia videntur.

225.

Si radii quicunque homogenei, ex. gr. rubri, ad imaginem oblongam solis formandam concurrentes, a quocunque corpore, quod colore alio præditum sit, excipiantur: apparebit illud rubrum; in violaceo violaceum, & sic de cæteris omnibus. Optime hoc apparet in pannis vario colore tinctis; vnde deriuatur, corpus quodcunque sub illo vel hoc colore nobis apparere idcirco, quod vi structuræ suæ, & conformationis partium in superficie, modo hos modo illos radios lucis copiosius reflectit, reliquos vero intra se absorbet. Vnde explicari potest, cur cœci quidam ex solo tactu de coloribus potuerint iudicare, vid. *Iourn. des Sav.* 1666, *pag.* 646. Ita etiam quæuis obiecta apparent cœrulea per vitrum cœruleum, rubra per rubrum; & facies hominum cœruleo-flauo colore tinctæ videntur, si in camera obscura illuminentur a flamma spiritus vini accensi, quæ eundem colorem tenet. Vid. *Plinius, lib.* 35, *cap.* 15; *Reinzer, Meteorologiæ pag.* 239. Fluit hinc etiam explicatio tincturæ ex ligno nephritico factæ, quæ a radiis reflexis cœrulea, a transmissis autem flaua videtur.

226.

Fig. 91. Si totius imaginis solaris oblongæ longitudo AC, exclusa vtrinque ora semicirculari, diuidatur in partes æquales 360, tum earun-

dem

dem deprehendit *Newtonus* includere colorem rubrum 45, aureum 27, flauum 48, viridem 60, cœruleum 60, Indicum 40, violaceum 80. Producatur recta AC in B, vt sit BC = AC, erit etiam BC = 360, & porro AB = 720, DB = 640, EB = 600, FB = 540, GB = 480, HB = 432, IB = 405, CB = 360, vnde sequens tabella prodit,

AB : DB = 720 : 640 = 9 : 8 tonus maior.
AB : EB = 720 : 600 = 6 : 5 tertia minor.
AB : FB = 720 : 540 = 4 : 3 quarta.
AB : GB = 720 : 480 = 3 : 2 quinta.
AB : HB = 720 : 432 = 5 : 3 sexta maior.
AB : IB = 720 : 405 = 16 : 9 septima minor.
AB : CB = 720 : 360 = 2 : 1 octaua.

Sin igitur fuerit in clauichordio

AB longitudo chordæ pro sono C, erit
DB — — — — D.
EB — — — — E molli.
FB — — — — F.
GB — — — — G.
HB — — — — a.
IB — — — — b.
CB — — — — c.

quia scilicet, vti infra ostendetur, numeri vibrationum chordarum sunt in ratione inversa longitudinum chordarum. De hoc elegantissimo spectaculo, quo nempe euincitur, in coloribus etiam Musicam inesse, vid. *Newtoni Optica, lib. I, parte II, prop. 3, p. m. 165.*

m. *165*; vnde recte olim *Kircherus* appellauit sonum lucis simiam, quamuis distincte hoc exponere non potuerit, vid. *Iourn. des Sav.* *1738, Febr. pag. 207.* Pertinet huc etiam *Clavichordium Oculare*, quo *Castellus* sperabat, sonos se & consonantias coloribus esse depicturum, vt oculis hi idem præstarent, quod illi auribus, vtque surdus etiam Musicæ elegantiam possit peruidere, occasione forsan arrepta ex systemate colorum *Malebranchiano*. (220.) vid. *Iourn. des Savans 1738, p. 208*; & *Oratio nostra de hoc inuento*, recitata *Petropoli 1742*. Pro suo arbitrio, & leui quodam selectu instituto, colores etiam numeris exprimere conatus est *Duhamel*, in *Astron. Phys. lib. I, p. 49*, vbi statuit, colorem album habere lucis gradus 24, flauum 18, rubrum 16, viridem 12, cœruleum 9, purpureum 8, nigrum 6, atque dein ex ratione horum numerorum iudicat, quinam colores concordent & conueniant inter se, quinam vero non.

227.

Adiiciamus his quædam adhuc miscellanea, quæ partim ad priora referri, partim etiam de nouo addi debent. *Hartsœkerus*, *Cours de Phys. p. 123*, quatuor computat colores primitiuos, rubrum, flauum, cœruleum, & violaceum, ex rationibus ante (223.) allegatis; album reputat pro congregatione horum, & nigrum pro omnium priuatione.

Keple-

Keplerus Dioptr. prop. 17, pulchre describit lucis in prisma vitreum illapsæ tria genera radiorum. Incidat enim in tale prisma ABC radius solis FD, hic in D quasi diuiditur ratione densitatis suæ, quæ nempe aliqua sui parte reflectitur (152.) in DI, & hic est radius *sincerus*, quia nempe vitro tinctus non est, cuius corpus nondum est ingressus; deinde DE in E iterum sic diuiditur, & in G exit *iridicolor*, propter geminam magnam refractionem; sed reflexus in E exit per MK, qui est radius vitri colore tinctus, adeoque *vitricolor*, nam docemur, vti ait, ex Opticis, radios lucidos tingi in mediis coloratis. Nesciuit autem vir optimus, radium etiam MK esse iridicolorem, sed debiliorem. *Fabri, Synopsis Opt. p. 159*, falso credidit, reflexionem pariter cum refractione diuersos parere colores. *Kircherus*, in *Mundi subterr. Tomo III*, dicit, iucundam illam variationem colorum, quam admiramur in columbis, pauonibus, &c. oriri ex diuersa refractione radiorum solis in ipsorum plumis, quas, microscopii ope, totidem prismata triangularia pellucida se deprehendisse contendit. An diuersitas colorum arguat quoque diuersitatem naturæ in corporibus, inquirit *Boyleus*, in *Tract. de coloribus*. Idem quoque recenset historiam *Ioh. Vermaasen*, Vltraiecti ad Rhenum viuentis, qui ex variolis anno ætatis 2 omnem visum amisit, postea vero ma- Fig. 92.

gister organi pneumatici factus est; hic colores tactu distinguebat, sed non nisi ieiunus; tæniam coloratam pollici & indici interposuit, melius distinxit pollice dextro quam sinistro, atque, ne fraus subesse possit, mantili velatus fuit dum colores indicaret; bis tamen errauit, appellando album nigrum, & rubrum cœruleum; addit autem *Boyleus*, se fuisse suspicatum, hunc hominem discernere colores per odoratum, ob ingredientia eorum apud tinctores.

228.

Admirabilia contingunt phænomena in mutatione coloris vnius in alium subita, cuius aliquot afferemus exempla. Capiatur solutio vitrioli Martis bene pellucida, misceatur ea cum solutione gallarum, & subito orietur color nigerrimus; cui si affundatur parum aquæ fortis, redit pelluciditas; restauratur vero nigredo, si denuo oleum tartari per deliquium instilletur. Hic liquor niger ita ortus est ipsum atramentum, quo scribimus, cauendum vero est a vitriolo, quod cuprum contineat, qualia sunt Cypricum aut Hungaricum, sed ad experimentum vocari debet eiusmodi vitriolum, quod ferrum contineat; atque hoc contusum in aqua pura soluatur, & filtretur per chartam bibulam, quod vtrumque pariter circa gallas obseruari debet. Pluribus autem aliis experimentis subita hæc colorum mutatio & resti-

restitutio potest demonstrari. Aquae fortis aliquot guttulae insperse chartae coeruleae huic subito aspergunt maculas rubras, pallorem postea assumentes. Syrupo violarum infundatur parum aquae, vt illi maior fluiditas concilietur, tum duo repleantur illo calices vitrei, quorum vni si infundantur aliquot guttae aquae fortis, conspicitur color ruber; alteri infundatur oleum tartari per deliquium, orietur color viridis. Aquae limpidae iniiciatur parum mercurii sublimati abrasi, quod, si in aqua paullum agitetur, soluitur pelluciditate non mutata; huic solutioni infundatur oleum tartari, orietur color aurantius; infusis aliquot guttis spiritus vitrioli, aut alterius acidi, redit prior pelluciditas; ab affusione autem olei tartari particulae mercurii sublimati in fundum calicis praecipitantur; vnde idem hoc oleum adhiberi solet ad explorandas aquas, an salia hae sibi permixta teneant. (P. I, 306.) Tincturae ligni Brasiliani affundatur spiritus vitrioli, mutabitur color rubeus in flauum, affuso oleo tartari redit ruber. Ita ego quoque deprehendi, spiritum vini rectificatum, qui ex radice curcumae flauum odorem assumsit, mox rubrum assumere ab oleo tartari per deliquium, infusum postea spiritum vitrioli reddere flauum colorem cum efferuescentia; hoc phaenomenum contrariatur regulae a *Mariotto* traditae, quod nempe tincturae flauae, ex

plantis eductæ, colorem suum intendant ex affusione liquoris alcalini, eundem vero colorem amittant ex affusione spiritus acidi. Vino rubro infundantur aliquot guttulæ olei tartari, fiet opacum & flauum, infuso spiritu sulphuris color pristinus redibit, quod experimentum est *Mariotti*, *Operum pag.* 603. Decem guttulæ solutionis auri, si mensuræ vni aquæ fluuiatilis infundantur, & postea adiiciatur æqualis portio solutionis stanni: in momento exsurgit color rubineus per totam aquam dispersus, *Frid. Hoffmanni Demonstrat. Physicæ curiosæ*, *demonstr. II*, *num.* 6; quod experimentum habet etiam *Kunckelius*, in *Laborat. Chym. cap.* 26, *p.* 382; color autem breui mutatur in sedimentum crassum, quo vitro deinde color rubineus tribui potest. Tincturæ rosarum rubrarum cum spiritu vini, albescenti adhuc, affundatur parum aquæ fortis, orietur color ruber; si affundatur priori oleum tartari per deliquium, prodit color viridis; si eidem priori commisceatur alba solutio vitrioli martis, oritur atramentum; si rubenti priori tincturæ adiicias solutum sal alcalinum, rubedo vertitur in viredinem; & si virenti tincturæ priori adiicias spiritum acidum, mutatur in ruborem. Plura habent *Bœrhauius*, *Chem. vol.* 2. *Tentamina Florentina*, *P.* 2, *p.* 93. De coloribus varia & egregia vide apud *Mariottum*, *de la nature des couleurs*, *Operum pag.* 196.

229.

229.

Chartæ puræ inſcribantur literæ, calami recentis ope, cum ſolutione gallarum: erunt eæ inuiſibiles, calore exſiccatæ; illinatur vero eadem charta ſolutione vitrioli Martis, cernentur literæ prius inuiſibiles nunc diſtinctiſſime. Oritur enim ſic rurſus atramentum ſcriptorium. (228.) Solent eiusmodi liquores, quibus ſcriptura inuiſibilis exarari, ſed artificio quodam viſibilis reddi, poteſt, vocari *Atramentum Sympatheticum*, cuius plura dantur genera apud Chemicos, veluti, ſoluatur ſalis Ammoniaci ſcrupulus in aquæ puræ vnciis duabus, hac ſolutione quicquid ſcribitur, illud non apparet, niſi igne calefactum. Vid. *Hellot*, in *Mem. de Paris 1737*, *p. 105*; qui hoc etiam adducit experimentum: capiatur mineræ Biſmuthi, quæ cœruleum colorem refert, vncia vna, hæc contundatur, & in aquæ fortis vnciis duabus cum ſemiſſe ſoluatur caloris ope; hæc ſolutio, relicto ſedimento, pura cum ſalis culinaris vncia vna imponatur retortæ vitreæ, vt leni deſtillatione humores exinde auolent; relinquetur ita ſal cœruleum, quod, quamdiu calet, hunc colorem retinet, ſimulac autem frigeſit, rubeſcit. Hoc ſal ita rubens denuo ſoluatur in aqua pura deſtillata, orietur ſolutio lacteſcens, in qua ſedimentum album terreſtre colligitur, & lixiuium rubrum oritur, quod ipſum eſt quæſitum atramentum

ſympatheticum, quod ſi purius deſideretur, præcedens operatio erit repetenda. In vſum ſi illud adhiberi debeat, ſcribendæ erunt literæ calamo puro in chartam puram, quo facto nihil apparebit, niſi charta admoueatur calori forti, aut comburatur. Aliud vide apud *Lemery*, in *Curſu Chem. pag.390*, ex auripigmento & calce viua præparatum.

230.

Quæ ad explicationem colorum in corporibus naturalibus conſpicuorum ſpectant: ſequentibus comprehendemus. Partes minimæ corporum naturalium omnes ſunt aliquo modo pellucidæ. Hoc facillime concedetur ab illis, qui microſcopiis tractandis ſunt aſſueti; partes ipſæ etiam metallicæ, quamuis nondum pellucidæ, tales tamen fiunt, ſi in partes minores diuidantur, quod eis accidit, ſi in menſtruis ſuis ſoluantur, quia tunc cum fluido ipſo eandem adipiſcuntur pelluciditatem; atque hoc ipſum eo magis patet, quoniam & corpora denſiora quædam pellucida ſunt. Nam obtegatur foramen, per quod lumen ſolis in cameram obſcuram intrat, lamina tenui corporis opaci fere cuiuscunque, ebore, digito, charta, ligno, &c. obſeruabitur ſtatim pelluciditas valde notabilis; quod etiam fit pollice candelæ ardenti noctu obuerſo, in quo ipſe vnguis fit pellucidus. Aurum tamen in hoc vtroque ſtatu poſitum non pellucet.

231.

Quotiescunque lux incidit in laminas tenues pellucidas, ſeparatur ea quoque in colores, quorum alii reflectuntur, alii tranſeunt, pro varia lamellarum craſſitie. Probatur hoc ab experientia. Vitri enim ordinarii, aut vitri Moſcovitici, lamellæ ſi fuerint tenuiſſimæ, colores ſtatim per ſe referunt; idem faciunt etiam bullæ aqua ſapone incraſſata calamo efflatæ, ſi multum ſint extenſæ, atque ſic lamina minutiſſima comprehenſæ. Sed omnium optime obſeruari hoc poteſt, ſi vitrum obiectiuum teleſcopii longioris, ad 50 pedes, ad aliud vitrum politum planum vel digitis apprimatur, vel cochleis adigatur, vel etiam duo priſmata vitrea ſibi ita iungantur; de quo vid. *Newtoni Optica, lib. II, P. 1, obſeru. 1 & 4.* & *Graueſande in Experimentis.* Sic enim obtinentur tenuiſſimæ lamellæ aëris inter vtrumque vitrum concluſi, quæ pulcherrimos & varios colorum annulos præſentes oculo ſiſtunt. Quod facilius etiam ſic *Newtonus, l. c. P. IV, obſ. 1*, efficere iubet, vt radius ſolaris, diametri $\frac{1}{3}$ poll. in cameram obſcuram intromiſſus, paruum foramen chartæ tranſeat, & in ſpeculum cauum illabatur, quo facto radius reflexus chartam, ad diſtantiam foci ſpeculi circiter, iisdem annulis coloratis optime pinget. Neque diſſimiles gignuntur colores, ſi tenuis gutta olei ex. gr. aurantiorum ſuperfi-

ciei

ciei aquæ imponatur ; ob ſimilem tenuiſſimam laminam ita oriundam. Hinc etiam vitrum, lapis, vel aliud corpus, libero ſoli expoſitum, ſi propius aſpiciatur, innumeros colores reflexos oſtendit; nam non modo radii illi, qui per corpus aliquod pellucidum tranſmittuntur, refringi ſolent, adeoque colores repræſentant, ſed & illi etiam, qui prope illius extremitates feruntur, vti in radiorum inflexione oſtendetur. (233.) Vid. *Clarkii annotationes ad Phyſicam Rohaulti; pag. 189.*

232.

Hinc itaque iam explicari poteſt, vnde oriantur corporum naturalium colores. Corpus enim tale quodlibet conſtat particulis minimis, (P. I, 27.) non interius tantum, ſed etiam in ſuperficie; hinc conſiderari poteſt tanquam veſtitum lamellis indefinite paruis, & multis, diuerſæ craſſitiei. Tales autem minimæ particulæ omnes pellucidæ ſunt; (230.) &, quia tenues ſunt, colores referunt; (231.) ergo corpora naturalia ſunt colorata. Hoſce colores non habent in ſe, ſed in ſua ſuperficie lucem illapſam refringunt in colores, quorum nonnullos reflexione reddunt, alios in ſe abſorbent, & multis repercuſſionibus internis ſuffocant; videtur itaque corpus omne ſub eo colore, cuius plurimi radii ab eiusdem particulis reflectuntur. Hinc corpora colorata pellucida

ſub

ſub alio colore videntur, ſi conſpiciantur a luce reflexa ab ipſis, quam ſi conſpiciantur a luce tranſmiſſa, vnde pro diuerſo aſpectu diuerſitas colorum in plumis auium, in collo columbæ, in cauda pauonis, in tinctura ligni nephritici. Hinc etiam ſi corporum mutentur ſuperficies, ſiue in aſperiorem, ſiue in læuiorem, aliter colorata apparent; ita charta aſpera plus albet quam polita; argentum aſperum albiſſimum eſt, politum vero multo minus.

233.

His ergo ſic abſolutis accedamus ad *quartam* lucis proprietatem, quæ ipſius *Inflexio*, vel *Inclinatio*, vel *Diffractio*, vocatur, & ſequenti conſtat experimento. Radius ſolaris per foramen, cuius diameter ſit circa $\frac{1}{10}$ pollicis, in cameram obſcuram intromiſſus excipiatur in diſtantia aliquot pedum a tabella lignea, in qua ſciſſura, duabus aciebus chalybeis terminata, detur: tranſibit radius ſolaris per hanc; ſed ſi ita tranſiens in diſtantia 5 aut 6 pedum denuo excipiatur charta, obſeruabitur: ſiſti in ea imaginem radii admiſſi, ſed ad huius vtrumque latus apparere adiunctum adhuc lumen debile, coloratum, quod cæterum luminis in caudis cometarum conſpicui non valde ſit diſſimile. Hanc lucis proprietatem primus detexit *Grimaldus*, vid. *Newtoni Opt. lib. III, ab initio*, &

Iourn.

Iourn. des Sav. 1666, p. 643; vnde etiam hoc experimentum duobus modis poteſt inſtitui, vno *Newtoniano*, quem recenſuimus; altero *Grimaldiano*, qui in his conſiſtit: radio lucis, per exiguum foramen in cameram obſcuram intranti, opponatur ſeta equina, capillus hominis, filum ſericum aut metallicum: apparebit in charta oppoſita, vmbram horum latiorem eſſe, quam lucis directa propagatio eam efficit; adeoque lucis fluuium ſe ad hoc obſtaculum in partes oppoſitas diuidere. Ad quos duos modos reuocantur omnia experimenta de Inflexione lucis hucusque inſtituta. Vtrumque explicant *Newtoniani* per attractionem corporis, feliciter quidem in modo eiusdem experimentum hoc inſtituendi. Alii vero per atmoſphæram corpori cuicunque circumdatam, in qua ſententia eſt *Illuſtris De Mairan*, in *Mem. de Paris 1738*, qui hanc lucis inflexionem habet pro vera refractione, facta ab atmoſphæra corporis, iuxta quod radius tranſit.

CAPVT V.

DE METEORIS AB IGNE ET LVCE PENDENTIBVS.

234.

Meteora, quibus ſupra iam (P. I, 439.) hunc deſtinauimus locum, ſunt inter *Aquea* adhuc

adhuc residua *Iridis*, *Halonum*, *Parheliorum* & *Paraselenarum*, & quorundam aliorum affinium; tum vero etiam inter *Ignea* considerationi nostræ subiiciemus *Lucem borealem*; *Stellas cadentes*; *Ignes lambentes*: *Fulgur*, *Fulmen*; & *Tonitru*. Primo quidem notare hic conuenit a veteribus iam adhibitam distinctionem meteororum in *Hypostatica* & *Emphatica*, seu *Vera* & *Apparentia*; illa sunt, quæ id, quod esse videntur, reuera etiam sunt, huiusque naturam & indolem vere etiam sustinent, veluti nubes, vapores, pluviæ, grandines, fulgura, fulmina; hæc autem, quæ reuera illud non sunt, quod esse videntur, vti halones, virgæ, irides, stellæ cadentes.

235.

Iris est arcus magnus, diuersicolor, conspiciendus lucente sole in pluuiæ guttulis per aërem delabentibus. Præcipua eius phænomena hæc sunt. *Primo*, Iris sæpius est duplex, quarum interior vocatur *Primaria*, exterior autem *Secundaria*, tertia si appareat, ea coloribus adeo languet, vt vix discerni possit, sed extra præcedentium vtramque posita, & omnes sibi sunt concentricæ. *Secundo*, in primaria colores sunt viuidi, atque, ab infimo incipiendo, acuto visui hoc ordine apparent: violaceus, purpureus, cœruleus, viridis, flauus, aurantius, ruber;

 quos

quos eosdem prisma vitreum a radio solis illapso, & refracto, ostendit. (223.) *Tertio*, in secundaria iidem hi colores, sed ordine inuerso, sursum ascendunt, & multo debiliores, vt vix primarii eorum distingui possint, vnde etiam hanc prioris reflexam tantum esse, in atra nube, statuerunt *Aristoteles*, & eius asseclæ. Idem hic colores numerat non nisi tres, maxime nimirum conspicuos, infimum cœruleum, medium viridem, & supremum rutilum; *Scaliger*, autem, *Exercit. 80*, defendit quaternarium, quia & ipse *Aristoteles*, adesse aliquando flauum, dicit; sed non ortum ex reflexione, verum ex rubri & viridis permixtione; vid. *Magiri Physiol. p. 275.* Sunt etiam, qui quatuor vsque ad septem irides vidisse se testantur; sed hi sine dubio irides cum halonibus confuderunt, quod pluribus obseruatoribus accidit. Hisce phænomenis explicatis, reliqua deinde, quæ iridi accidunt, sua sponte fluent.

236.

Horum itaque explicationem Physicam traditturi, eam pro diuersa cognitionis naturalis ætate dispescimus in periodos tres, *infantilem*, *iuuenilem*, & *virilem*, de singulis, historiæ caussa, breuibus dicturi. Ad illam refero omnes, vsque ad tempora *Cartesii*, in qua, prætermissis plane fabulosis, statuit *Anaxagoras*, iridem nasci ex refractione lucis

solaris

ſolaris in nube denſa, e regione ſolis, ſpeculi ad inſtar, poſita; *Pythagoras* putauit, iridem nihil aliud eſſe, quam reſplendeſcentiam ſolis; *Epicurus* aërem humeſcentem, aduerſo ſolis fulgore reſplendeſcentem; *Ariſtoteles* aſſeruit, iridem eſſe arcum multicolorem, in nube rorida, opaca, & concaua, ex radiorum ſolis oppoſiti reflexione apparentem; quibus etiam *Plinius* adhæſit; exiſtimantes ideo omnes, nubem adeſſe veluti ſpeculum concauum, e quo ſolis radii reflecterentur; ſed, vnde arcum rotundum ſiſtit nobis iris, vnde coloratum?

237.

Iuuenili periodo adnumero eas explicationes, quæ a *Carteſio* circiter initium ceperunt, & refractiones reflexionesque lucis ſolaris diſtincte ad hoc phænomenum applicarunt. Primus itaque, qui hanc explicationem apprehendit, eſt *Marc. Ant. de Dominis*, Archiepiſcopus aliquamdiu Spalatenſis, in libro pereruditο, *de radiis viſus & lucis;* ex quo *Carteſius* ea, quæ de hac re tradidit, more ſuo, clam abſtulit, vid. *Celeberr. Bruckerus*, *Hiſtoria Critica Philoſ. tomo IV, parte II, pag. 256.* Sunt quidem, qui *Keplero* attribuere cupiunt hoc inuentum, iridem nempe generari in guttis pluuiis, non in nube caua, dum nempe illas radii ſolares ingrediuntur, bis refringuntur, & in medio reflectuntur, teſte hu-

ius rei epistola ad *Brenggerum* scripta anno 1605, quae habetur in *Epistolis Joh. Kepleri, epist.* 152, *fol.* 236. Verum enim vero si *Marci Ant. de Dominis* liber *de radiis visus & lucis*, anno 1611 editus, per 20 annos pressus delituit, quod *Newtonus* expresse commemorat, *Opt. lib. I, P. II, prop.* 9; tum epocha huius inuenti cadit in annum 1591, *Kepleri* epistola multo antiquiorem, & quo anno *Cartesius* nondum natus erat. Vnde omnia suadent, dicti Archiepiscopi Spalatensis proprium hoc esse repertum. Neque vero praetereundum hic est, *Vitellionem* quoque in sua *Optica*, 1535 Norimbergae edita, fol. 285, prop. 65, diserte & clare pronunciare, iridem ex reflexione & refractione radiorum corporis luminosi videri, quanquam hoc assertum nulla idonea delineatione explicet. *Cartesius* itaque in *meteoror. cap.* 8, iridem generari ex radiorum solis in guttulis pluuiae singulis facta refractione & reflexione distincte & Geometrice explicat, post *Marcum Ant. de Dominis*; diametrum iridis, experimento ab hoc pariter assumto, inuenire docet, pila nempe vitrea aquis repleta, & suspensa in aduerso sole, eo vsque donec colores appareant, & reliqua omnia rite explicat, praeter colorum generationem, quam materiae suae subtili adscribit, putatque, lumen, seu album, ac umbram, siue nigrum, compositioni colorum iridis sufficere. Idem hoc

hoc similiter fecerunt *Is. Barrowius*, *Lect. Optic. p. 85*; *Sturmius* in *Iridis admirandis*; *Marci* in libro de *arcu cœlesti*, 1648 edito; & alii complures.

238.

Tertia denique periodus debetur sagacissimo *Newtono*, quæ colores etiam iridis ex vera eorundem origine exponit. Cum igitur omni experientia compertum sit, iridem eo tantum tempore aliquando apparere, quo ex vna parte cœli pluat, ex altera vero simul sol splendeat: euidens est, in his circumstantiis omnes per pluuiam delabentes stillas a sole collustrari. Harum consideremus vnicam, a qua ratiocinium deinde ad omnes reliquas extendere possimus. Sit illa AEFBH, Fig. & radii solis, ob immensam eius distantiam, 93. in stillam incidunt paralleli SA, SE, (86.) ingressi guttam aquosam, tanquam medium aëre densius, refringuntur ad perpendiculum, (160.) & transeunt per AB, EF; in his punctis B & F partim iterum refringuntur iuxta BI, FG, exeuntes; partim vero reflectuntur per BC & FH, (152.) atque noua refractione in C & H maximam partem stilla egrediuntur per CO & HK. Hæc autem scena luditur in radiis, prouti e sole illi egrediuntur, non duobus modo, sed innumeris, omnibus inter se parallele incidentibus in stillam.

239.

Sed hac ratione iridem nondum contuemur, deest enim radiis stilla egredientibus CO, HK, parallelismus, vt in visus organum possint incidere, quod sufficiente copia fieri nequit, si fuerint diuergentes, quia sic pupillam oculi multis parasangis præterlaberentur. Consequitur itaque, radios CO, HK, gutta egredientes, parallelos esse debere, vti SA, SE, paralleli incidunt, atque tum demum eos iridis aspectum in oculo esse excitaturos. Atque hinc inter innumeros radios solares, omnes inter se parallele in stillam incidentes, soli illi vocantur ad iridem *efficaces*, qui post duplicem refractionem apud A & C, vnamque reflexionem apud B, paralleli denuo egrediuntur, atque ita demum oculum spectatoris viuide possunt afficere. Geometriæ iam hæc est opera, vt in circulo determinetur punctum illud A, in quod incidentes radii a sole paralleli, præscriptamque viam incedentes, apud C iterum paralleli cum infinite parua propinquitate egrediantur. Quod arduum sane problema commodius sic potest solui, si radius incidens SA, & egrediens OC, continuentur, donec se in P secuerint, vt constituant angulum SPO, cuius magnitudo inuestiganda est, vt sub illa radii indicato suo munere fungi possint. Qui soluerunt hoc problema, sunt *Cartesius*, *meteoror. cap. VIII*, *p. 265*,

p. 265, vbi ex calculis numericis, & tabula exinde concinnata, adeoque empirice tantum, & per ambages, quod ab elegantia Geometrica est alienum, determinauit angulum SPO per 41° 47', & quem confirmauit experimento cum pila vitrea aquis repleta, & solis radiis illustrata, instituto. *If. Barrowius, Lect. Opt. XII, p. 81*, primus difficilem hanc quæstionem pura Geometria enodauit. *If. Newtonus, Optices lib. I, P. II, prop. 9, p. 122*, idem problema resoluit ex hac consideratione, quod angulus SPO omnium possibilium debeat esse maximus, quam eandem methodum distinctius exposuit *Whistonus, Prælect. Physico-Mathem. pag. 235. Iac. Hermannus* perspicaciam suam hic ostendit in *Iournal des sauans, tomo XXXV, pag. 674. Saurini* resolutio legitur in *Memoires de Trevoux, 1701, m. Octobri.* Sed cunctorum industriam hic vicit *Ioh. Bernoulli, Operum tomo IV, pag. 197*, vbi planissima & facillima in hæc penetralia perueniendi via ostenditur, quæ autem hoc loco tradi non potest.

240.

Inuentum igitur est, priorum virorum indagatione, si radius solaris incidens SA habeat rationem refractionis 4 : 3, sitque adeo ex rubrorum numero: (221.) tum requiri ad radios efficaces angulum SPO = 42° 1' 44'', quem eundem *Cartesius* statuit esse de-

bere 41° 47', minus recte; & crassius adhuc *Maurolycus*, 45°. Similiter autem repertum est, si solaris radii incidentis statuatur ratio refractionis 109 : 81, hoc est, si hic sit violaceus, (221.) tum requiri ad radios efficaces iridis angulum SPO = 40° 16' 10'', priore angulo minorem. Horum radiorum vterque in oculum incidere potest simul. Ex inæqualitate enim horum angulorum Geometriæ perito facile apparet, positis SP & Sp parallelis lineis, vti sunt, (86.) rectas
Fig. 94. PO, pO, esse conuergentes, adeoque necessario concurrere in O, spectatoris oculo alicubi posito, qui igitur per rectam OP videbit rubrum colorem in P; per rectam autem Op violaceum colorem in p, & intermedios reliquos secundum ordinem suum, (223.) ex natura refractionis cuilibet debitæ; ad quæ autem singula obseruanda requiritur & oculus acutus, & iris bene distincta, vt singula quæuis colorum confinia rite determinentur.

241.

Si ducatur recta OC, ex oculo spectatoris O parallela radiis solaribus SP, Sp; erunt anguli SPO, SpO, æquales angulis POC, pOC. Consideretur nunc, illos esse constantes, (240.) neque alios cum coloribus in oculos illabi radios, præter eos, qui tales angulos formant. Erunt ergo pariter anguli

li

li POC, pOC, AOC, BOC, conſtantes, vndecunque etiam a guttulis e latere & vbicunque poſitis affluant ad oculum. Erit igitur omnis iris baſis coni alicuius recti, in quo verticem occupat oculus, & axis eſt linea recta ex oculo educta, ſolis radio parallela OC, angulus præterea ad verticem eſt conſtans & immutabilis. Sed omnis talis baſis, axi perpendicularis, eſt circularis, cuius quippe integram peripheriam interrumpit & ſecat terra, quæ interpoſita eſt, aſpectumque totius iridis plene circularis impedit. Si vero oculus ſupra horizontem in monte tantum eleuetur, vt, non impediente terra, 42° deorſum ſpectare poſſit in vallem, vbi pluit: tum non truncatam, ſed integram, iridis peripheriam videret, & punctum eius infimum Q quoque detegeret; quod *Ioh. Franc. Pico, Mirandulæ comiti*, accidiſſe legitur in *Magiri Phyſiol. Peripat. p. 273;* & *Cardano, de ſubtil. lib. 14, cap. 70;* & *Ricciolo, Almag. noui pag. 83.* Atque nunc quidem angulus POC, qui idem eſt cum angulis AOC, BOC, QOC, vocatur *ſemidiameter iridis*, quæ itaque ſemidiameter iridis maior, reſpectu radiorum rubrorum P, eſt 42° 1' 44'' eadem ſemper, & in omnibus iridibus conſtans; (240.) minor autem pOC, reſpectu radiorum violaceorum, eſt 40° 16' 10''; integra vero diameter maior 84° 3' 28''.

242.

At praeterea circularis haec fascia colorata latitudinem habebit Pp, cuius diameter, siue latitudo apparens, erit angulus POp, qui inuenitur, si ab angulo POC 42° 1' 44'' subtrahatur angulus pOC 40° 16' 10'', vnde latitudo iridis apparens, siue angulus POp, semper est 1° 45' 34''. Omnia deinde hucusque exposita requirunt necessario, vt oculus spectatoris, ad iridem conuersus, pone se & a tergo suo habeat solem splendentem in S: ergo semper iridem inter & solem locatus esse debet spectator; vnde statim deducitur, fieri nunquam posse vt meridiei plagam versus appareat iris; requireretur enim sic sol positus ad septentriones, quod nobis in boreali hemisphaerio viuentibus non posse accidere Astronomia docet.

243.

Sit linea ex oculo educta per iridem, ORH, horizontalis, & huic parallela TP. Atque erit *altitudo iridis* supra horizontem angulus POK; hic autem aequalis est POC — KOC = SPO — DOZ = SPO — SPT; est autem SPO = 42° 1' 44'', (240.) & SPT altitudo solis supra horizontem TP, quam vocabimus *a*; vnde igitur erit altitudo iridis supra horizontem = 42° 1' 44'' — *a*. Ex his facillima iam supputatione sequentia colligun-

liguntur. *Primo*, si sol sit in ipso horizonte, aut altitudo ipsius = 0, conspicietur altitudo iridis supra horizontem sub angulo ipso 42° 1' 44'', ac iris simul repraesentabit integrum semicirculum, cuius nempe altitudo sit dimidia totius diametri iridis. (241.) *Secundo*, si altitudo solis sit 42° 1' 44'', tum altitudo iridis supra horizontem erit nulla; hoc est, nunquam a nobis conspici potest quicquam arcus coelestis, si sol altius fuerit supra horizontem eleuatus quam 42° 1' 44''; & in genere, quo magis eleuatus est sol, eo depressior est iris. *Tertio*, obseruari potest semidiameter iridis, non immediate quidem, sed mediate, si nempe vno eodemque momento capiantur altitudo iridis, & solis, supra horizontem; quarum summa bis sumpta efficiet diametrum quaesitam; qualem obseruationem cepit *Ricciolus*, *Almag. lib. II*, *p.* 83.

244.

Quoniam ad iridem generandam sol debet habere altitudinem minorem 42°, (243.) poterunt apud nos conspici irides quacunque diei hora, quamdiu sol haeret in signis australibus, hoc est, ab aequinoctio auctumnali, per hyemem, ad vernale aequinoctium vsque, nisi a tempore frigido guttulae sint congelatae. Nam, cum altitudo aequatoris apud nos sit 41°, quamdiu sol est infra aequatorem,

rorem, erit eius altitudo maxima cuiusuis diei infra 42°. Sole autem versante in signis borealibus, aliquot horis ab ortu, & totidem ante occasum, fieri possunt irides; minime autem tempore ad meridiem accedente, aut ab eodem declinante; quoniam scilicet in horum casuum vtroque sol incipit acquirere gradum altitudinis maiorem quam 42°. Euidens itaque est, cur pluere possit, lucente sole, non tamen appareat iris.

245.

Vidimus, iridem esse basin coni recti, cuius vertex est oculus, axis autem recta ex oculo educta, radio solis parallela, & diameter apparens constans, semper nimirum 84° 3' 28''. (§. 241.) Hinc facile colligitur, iridem, vel basin huius coni, esse minorem, si pluuiæ guttulæ oculo sint propiores; extensiorem vero eandem spectari, si materia pluuiæ ab oculis magis sit remota. Hinc si iridem versus celerrime accedas, contractiorem continuo aspicies. Porro etiam patet, cessantibus ex aliqua parte stillis decidentibus, cessare ibidem quoque iridem; vnde perspicuum fit, cur aliquando vnum modo crus, aut partes solæ cruris, in iride conspiciantur. In iride autem completa videbuntur crura insistere horizonti, quoniam a summo ad hunc vsque grex innumerus guttularum continuatur. Reliqua vero phæ-

phaenomena iridis, quod quilibet spectatorum propriam sibi, & diuersam ab omnibus reliquis, videat, sed cum reliquis plane simillimam; quod iris ad eam accedentes fugiat, ab ea recedentes insequatur; quod radii BI, FG, exeuntes e stilla, iridem visibilem formare nequeant, quod valde mirum visum est *Whistono*, *Praelect. Physico-Mathem. pag. 238*; quod iris apparere possit etiam postquam sol occubuerit; cuius phaenomeni obseruationem ipse feci anno 1744 d. 15. Iunii, st. v. Petropoli; & fecit *Cassinus* anno 1693 d. 19 Iunii, vid. *Mem. de Paris huius anni*; quod atrae nubes praesentes iridis fulgorem non efficiant quidem, sed adiuuent tamen, vnde hanc quoque circumstantiam obseruant, qui *iridem artificiosam* oculis praesentem sistunt, vid. *Gravesandii Phys. Elem. Tomo II*, *§. 3600*; explicata ex hisce fundamentis leges in *Dissert. nostra de Iride*, *1751 edita*. Fig. 95.

246.

Saepius conspici quoque solet *iris secundaria*, priorem extus cingens, & altius posita, cuius natura, prioribus intellectis, breuissime potest explicari. Sint duae guttulae pluviae P & p, solis radiis expositae, in quarum partes inferiores apud P & p incidant radii solares, inter se paralleli SP, sp; hi, vti prius factum est, refringentur ad Q, q, hinc reflectentur in R, r, sed iam denuo reflectentur Fig. 95.

tur

tur in T, t, atque tum demum exibunt per TO, tO, in ſpectatoris oculum O. His exeuntibus eadem lex data eſt, quae prius, (239.) vt nempe incidentes paralleli non quivis ſint *efficaces*, ſed ii ſoli, qui exeuntes iterum ſibi ſunt paralleli. Veluti ergo iris primaria oritur ex duabus refractionibus, & vnica reflexione, radii ſolaris: ita iris ſecundaria generatur ex duabus refractionibus, & duplici reflexione, eiusdem radii.

247.

Si calculus ineatur methodo *Bernoulliana*, (239.) & radiis incidentibus iterum ex oculo ſpectatoris ducatur parallela OC, inuenitur pro faſciculo radiorum parallele exeuntium rubrorum poſci angulum tOC = 50° 58' 54'', pro ſimili faſciculo radiorum violaceorum autem requiri angulum maiorem; nempe TOC = 54° 9' 30''; vnde iam in iride ſecundaria ordo colorum primariae erit inuerſus, ſuperne enim ex T emicabit coeruleus, inferne autem ex t ruber. Hinc itaque patet, *Primo*, iridis ſecundariae latitudinem ſemper eſſe 3° 10' 36'', adeoque multo latiorem videri hanc, quam videtur primaria. *Secundo*, colores in iride ſecundaria omnes primariae eſſe inuerſos; deſuper enim eos numerando occurrunt violaceus, purpureus, coeruleus, viridis, flauus, aurantius, ruber. Ex qua hac colorum inuerſione

ne veteres Philoſophi ſibi imaginati ſunt, totam iridem ſecundariam nihil eſſe aliud, quam primariam in nubibus, tanquam in ſpeculo, reflexam; quod vero ſi eſſet, ſecundaria deberet habere etiam crura inuerſa, hoc eſt, ſurſum reflexa, quod autem non fit, cum ſecundaria primariam ſemper cingat. *Tertio*, colores iridis ſecundariæ debiliores ſemper eſſe coloribus primariæ, quoniam nempe a duplici & refractione & reflexione multum debilitantur, in quarum vtraque multum radiorum perit ac diſpergitur, aut abſorbetur; hinc itaque rarius conſpiciuntur ſecundariæ, nec niſi cœlum ex parte iridis nubibus obtectum ſit maxime atris, & ſol ex altera parte admodum viuaces emittat radios.

248.

De *tertiæ iridis* poſſibilitate dubitandum minime eſt, cuius nempe ſemidiameter eſſet, ex præcedenti methodo, 138° 20', oriundæ ex duabus refractionibus, & triplici radii eiusdem reflexione; de exiſtentia autem dubitant *Cardanus*, *Scalig. Exercit. 80, n. 5*, & plerique Phyſicorum alii; ob radios nempe ſolis per tres reflexiones nimis debilitatos, quam vt noſtri ſenſus organum mouere adhuc poſſint, aptos forſan tamen vt aquilæ aut lyncis aciem adhuc excitent, maiore quam nos oculorum viuacitate præditarum. *Carteſius Meteoror. cap. VIII, p. 271*, ex aliq-

rum

rum narratione refert tertiam iridem visam, duas ordinarias cingentem, sed multo pallidiorem; nemo autem semidiametrum obseruauit.

249.

Ne autem in pulcherrimo hoc cœli spectaculo, quod certe totam fere Philosophiam exhaurit, nimis prolixi simus: pertractauimus reliqua huc spectantia in Dissertatione supra (245.) allegata *de Iride*, erroneam quippe explicationem *Maurolyci*; colores iridis; odorem, quem iris edere fabulose perhibetur; patellas iridis sic dictas, quæ nihil aliud sunt quam monetæ antiquæ; iridis existentiam ante diluuium, quæ ex eo sequitur, quod, existentibus omnibus caussis efficientibus in actu secundo, effectus non possit non adesse. Nihilque hic addimus nisi sequentia. *Primo*, iridem nonnunquam, a lucente sole effici in guttulis roris prato incumbentibus, in fluuiorum magnis cataractis, atque in fontium salientium guttulis decidentibus roridis. *Secundo*, apparent etiam *Irides Lunares*, quamuis rarissime, ortæ exposito hucvsque modo a luna; hæ colores spargunt maxime debiles, earumque arcus candidus magis quam coloratus spectatur, quia hic lumen lunæ, per se iam debile, magis adhuc debilitatur; tales in annis 50 duas tantum visas esse memorat *Aristoteles Meteor.* 3; vnam a se visam allegat *Verdries, Phys. p.* 450. aliam

quo-

quoque obseruauit *Celeberr. Weidlerus*; ortam a luna fere dichotoma anno 1719, coloribus vix conspicuis; vid. *Eiusd. selectae obseruationes coelestes.* Consuli quoque porro hic possunt, *Hamberger, de Iride diluuii; Sturmius, de admirandis iridis; Parent, Recherches de Math. & Phys. tomo I; Dechales in mundo Mathemat. ad finem Dioptrices.*

250.

Iridi valde affines sunt *Halones*; aut *Coronae, Plinio & Senecae* dictae; *Areae*, vi vocis, ἁλων, ωνος, Matth. III, 12, & Lucae III, 17, seu circuli, qui circa solem aut lunam, variorum colorum quandoque, cernuntur. Phaenomena harum, ex *Hugenii Tractatu de Coronis & Parheliis* potissimum desumpta, haec sunt. 1) Sunt circuli rotundi, qui interdiu circa Solem, noctu circa Lunam, aut stellas etiam maiores, apparent, modo albi, modo, cum lucidiores sunt, variis insigniti coloribus, iridis instar. 2) Diameter apparens earum potest esse a 2° ad 90° vsque & plures adhuc, vtplurimum vero est 45°, qualem quoque inuenit *Maestlinus*, in *Cometa anni 1580.* 3) Tales circuli aliquando apparent plures, concentrici, & omnes luminare suum in centro habentes, cuius motum sequuntur & comitantur; annulorum coloratorum autem latitudo est circa 2° & 7°. 4) Interius referunt annuli colorem rubrum,

brum, exterius vero cœruleum, licet hic multum accedat ad albedinem. 5) Spatium intra annulos coloratos dicitur proprie *area*, & hoc obſcurius ſemper videtur cœlo reliquo ambiente. 6) Nunquam pluuio cœlo cernuntur. 7) Non conſpiciuntur ab obſeruatoribus longe diſſitis; ex *Actis Literar. Sueciæ* ex gr. comparatis cum Obſeruationibus Meteorologicis Petropoli factis patuit mihi, Halones, Parhelios, Paraſelenas hic viſas ibi non apparuiſſe, & vice verſa. 8) Rumpuntur halones ab exortis ventis. 9) Ellipticam halonem obſeruauit *Newtonus*, *Opt. lib. II, part. 4, obſeruat. 13.* Artificiales etiam produci poſſunt, ſi reſpiciatur ad flammam candelæ accenſæ ex transuerſo campanæ vitreæ, in qua aër aliquantum eſt rarefactus, quoniam ſic vapores campana contenti redduntur denſiores: deinde eædem in balneis circa lucernas accenſas frequentiſſime cernuntur. Nullas conſpici aſtris prope horizontem verſantibus *Carteſius* tradidit; contrarium autem teſtatur *Celeberr. Muſſchenbrœkius*, *Eſſai de Phyſique*, *p. 821.* Olim, quo minus veræ cauſſæ aliquid halonum & parheliorum aſſignari potuit, eo magis vtrumque in omen triſtis alicuius euentus trahebant, & formidinem iis hominibus incutiebant, in quo errore etiam verſatus adhuc fuit *Mæſtlinus*, *Obſeruatio cometæ anni 1577, pag. 58*, putans poſt hæc meteora ſemper inſignes motus

gen-

gentium cum bellis exortos fuisse, quod aliquot etiam exemplis comprobare allaborat; sed neque tales tumultus, neque etiam ventos aut turbines, ab his portendi melior hodie & cultior Philosophia docet, annumerans omnes hos tristes horrores fabulis anilibus & exagitatis.

251.

Quodsi nunc de explicatione huius meteori quæramus, occurrunt primo veteres Physici; qui vero, vti prope semper alias, inanes nos dimittunt, allegantes, caussam esse nubem densiusculam, continuam, & æqualem, stellis directe subiectam; vid. *Syst. Phys. Goth. lib. III, cap. 5*, quæ plane nullius in hoc negotio sunt momenti. Cum autem sit manifestum, caussam huius meteori non alte positam esse, sed hærere in nostra atmosphæra, ex *phænom. 7 & 8*, hinc ad particulas glaciales confugerunt Physici recentiores, hærentes in aëre, per quas in transversum solem, aut lunam, aut stellam, aspicimus. Particulæ enim glaciales tales aut per se iam adsunt in aëre supremo, ob ingens frigus ibi semper regnans, vid. *Celeberr. Dan. Bernoulli, in Actor. Heluet. Tomo I, p. 39*; aut gutta pluuia in aëre pendens subito potest conglaciari, vti apud nos, per materiam frigorificam ibi generatam. (I, 329.) Statuit itaque *Cartesius*, coronas oriri ex refractione ra-

diorum Solis & Lunæ, aut ſtellarum, in planis ſtellulis ex glacie pellucida compoſitis, in atmoſphæra copioſe pendulis. Sed, vt ipſe fatetur, ex his ſtellulis congelatis ſequeretur, ſpatium intra coronam debere lucidius apparere reliquo aëre extra coronam, quod eſt contra *phænom.* 5. Qui defectus explicationis Carteſianæ annotatur in *Iourn. des Sauans* 1667, p. 200.

252.

Felicius autem hanc explicationem abſoluit *Hugenius*, in *Tractatu de Coronis & Parheliis*, qui multos annos huic indagationi incubuit, atque tandem, occaſione quinque Solium Warſauiæ 1658 viſorum, in hanc ſequentem incidit huius meteori enodationem, de qua affirmat, eam ita cum obſeruationibus conuenire, vt operam perditurus ſit, qui aliam requiſiuerit. Prioribus itaque congelatis ſtellulis hic ſubſtituit grana rotunda, conſtantia exterius ex glacie, vel aqua, pellucida, ſed intus continentia nucleum obſcurum, fortaſſe niuoſum, quarum particularum magna copia inter ſolem & nos volitet; quales particulas in aëre dari certum eſt, quia, teſte *Carteſio*, tales aliquando in terram decidunt, & grandinis fere grana omnia ita ſunt comparata; pro coronis autem aſſeruit ſufficere tales particulas minimas, minores adhuc ſemine raparum, manente tamen pro-

por-

portione inter totius guttæ moleculam, & nuclei intermedii inclusi & niuosi, opacique, magnitudinem.

253.

Hinc itaque vt phænomena eo clarius deducamus, considerabimus primo vnicum tale granum, cum suo nucleo obscuro, in quod incidant radii solares aut lunares AB, AE, &c. paralleli inter se; horum omnes duplicem sustinebunt refractionem, primam in ingressu materiæ fluidæ nucleum ambientis, alteram in egressu. Radius quidem incidens iuxta axin ABCD, & irrefractus transiens, (160.) statim in H retundetur, & in nucleo absorbebitur, quod idem etiam pluribus aliis radiis accidet, vti AE, qui refractus in F vlterius non transibit, donec tandem incidens AG refracto suo GH nucleum stringet, & apud H exitum sortietur, vnde porro transibit noua refractione per HI, recedendo ab axe; similes vias prosequentur omnes alii incidentes AK externi, qui per pellucidum transeunt, & post alteram refractionem longius semper ab axe secedunt, vti LM. Fig. 96.

254.

Volitet iam magna copia talium particularum inter oculum O, in axe particulæ mediæ ACO positum, & astrum, ex quo in eas superne radii omnes inter se paralleli in- Fig. 97.

 cidunt;

cidunt; atque patet ex figura, nullum radiorum emergentium in hac particula in oculum posse illabi; nam refracti ex stringentibus nucleum DE, GH, oculum O praetervehentur, quod eo magis adhuc facient refracti a radiis remotioribus ab axe, qui longius adhuc ab hoc secedent, (253.) eoque magis etiam oculum praeterlabentur. Ducantur itaque ex oculo O duae rectae OM, ON, parallelae ipsis HG & EC, vt fiat parallelogrammum OPCQ, in quo igitur anguli oppositi ad O & C sunt aequales. Atque hinc facile iam ostenditur, nullam talem particulam intra angulum NOM constitutam radiorum aliquem ad oculum O posse deferre. Stringens enim *bc* refractum suum *cd* habet parallelum ipsi DE, aut NO, quare non in oculum perueniet; & remotiores adhuc, qualis *fg*, eo magis ab axe suo secedent; consequenter *gh* eo minus adhuc oculum feriet; vnde ob defectum lucis radiorum totus conus NOM apparebit obscurus, & haec est ipsa illa area circa astrum medium obscura, vti innuit *phaenom.* 5. Porro particulae tales omnes extra angulum NOM positae, non quidem omnes, sed plures, radios ab astro acceptos ad oculum transmittere possunt. Exempli loco sit vnicus A*lk*, qui refractus in *k* ad oculum O perueniet, atque sic innumeri alii; hinc itaque particulae omnes extra angulum NOM circum circa positae luci-

lucidas peripherias repræſentabunt, & coloratas quidem, quoniam oriuntur a luce refracta; (218.) interioris vero areæ ſubobſcuræ diameter apparens erit angulus NOM, ſiue, huic æqualis, DCG.

255.

Nunquam igitur pluuio cœlo cernuntur halones; ob nubes in tali ſtatu nimium denſas, & quia conglaciatæ particulæ hic requiruntur, non guttæ roridæ. Non conſpiciuntur ab obſeruatoribus longe diſſitis; quia verſantur hæ particulæ in atmoſphæræ noſtræ regione media, adeoque inſignem habent parallaxin. Rumpuntur a ventis; quia ab his particulæ neceſſariæ facile ex ſitu ſuo requiſito diſpelluntur. *Newtonus* aſpexit halonem ellipticam, quæ magis diſtabat a Luna inferius quam ſuperius; quia peculiaris quædam hic interceſſit refractio aëris, a nouis forſan particulis heterogeneis admixtis, vti ipſe explicat *loco citato*; quare per hanc cauſſam *Hugenianam* omnia halonum phænomena quam rectiſſime explicantur. Id vnicum ſupereſt adhuc explicandum, cur diametri apparentes halonum non ſint conſtanter eædem, ſed variæ in variis obſeruationibus? Hoc eadem, qua præcedentia, deduxit *Hugenius* elegantia ex diuerſa ratione ſemidiametri molis guttulæ integræ CB ad ſemidiametrum nuclei CH, oſtendens, ſi dia- Fig. 96.

 meter

meter coronæ fuerit 45°: requiri CB ad CH = 1000 ad 480; si vero diameter apparens coronæ fuerit 90°, requiri CB : CH = 1000 : 680; si dicta diameter sit 44°, posci CB : CH = 1000 : 473; pro maiore igitur diametro apparente halonis maior subinde requiritur diameter nuclei; hinc facilis quoque ratio dari potest, cur amplæ aliquando sunt coronæ cum oriuntur, multo autem contractiores, quando desinunt.

256.

Methodus autem, qua problema hoc in allegatis casibus particularibus soluit *Hugenius*, generalis hæc est. Sit semidiameter moleculæ totius MD, nuclei niuosi MF, atque incidat radius solaris HD, parallelus axi; Fig. 98. is primo refringatur per DC, quæ nucleum tangat in F, ac dein denuo per CK; producantur HD in C, KC in L, & ducantur perpendiculares ad puncta incidentiæ D & C, quæ sint QDM, RCM. Iam, si KC esset radius incidens, is refringeretur per priorem viam CD & DH; atque esset nunc angulus primo refractus DCM, qualis prius fuit CDM, qui duo anguli sunt æquales, ob triangulum DMC æquicrurum. Cum autem anguli refracti æquales habeant in eodem medio æquales angulos inclinationis, erunt anguli QDH & RCK æquales. Et pariter habent æquales anguli inclinationis æquales

etiam

etiam angulos refractionis; ergo erit ODF = LCF; eſt autem ODF = CPK, ob parallelas DO, PC; & LCF = PCK, quia ſunt verticales; ergo in triangulo CPK anguli ad P & C erunt æquales, conſequenter P = $\frac{1}{2}$ CKM; ſed ex præmiſſis eſt CKM ſemidiameter apparens coronæ; ergo angulus ad P erit $\frac{1}{4}$ diametri apparentis coronæ. Porro eſt PD : PM ratio refractionis, aut in hoc caſu = 4 : 3, (163.) quod facile demonſtratur ex Trigonometria; & in F eſt angulus rectus, ob DC tangentem, & MF radium in punctum contactus ductum. Poſitis igitur ſinu toto = r, CPK ſinu = p, coſinu = q, & PD = x, erit PD (x) : PM = 4 : 3, hinc PM = $\frac{3x}{4}$; eſt etiam in triangulo FPM, $r : \frac{3x}{4} = p : MF = \frac{3px}{4r}$; nec non $r : \frac{3x}{4} = q : PF = \frac{3qx}{4r}$, vnde FD = PD — PF = $\frac{4rx - 3qx}{4r}$; atque hinc fit MD = $\sqrt{(MF^2 + FD^2)} = x \times \frac{\sqrt{(25r^2 - 24rq)}}{4r}$, quia eſt $p^2 + q^2 = r^2$. Atque ex his ita deductis habebitur, MD : MF = $\sqrt{(25r^2 - 24qr)} : 3p$; ex quo fundamento ſequentem computaui tabulam, quæ in hoc ſolo ab Hugeniano diſſidet calcu-

 lo,

lo, quod hic rationem refractionis assumsit 250: 187, ego autem vero proximam 4:3.

diameter Halonis		MD : MF
1°	——	1000 : 12.
10	——	— 130.
20	——	— 249.
30	——	— 354.
40	——	— 447.
44	——	— 479.
45	——	— 484.
50	——	— 516.
60	——	— 576.
70	——	— 622.
80	——	— 656.
90	——	— 684.
100	——	— 703.
110	——	— 719.
120	——	— 730.

257.

Parhelii & *Paraselenæ* sunt veri solis, & veræ lunæ, imagines spuriæ, iuxta luminare vtrumque spectatæ, modo plures, modo pauciores. Veteres caussam definitioni incluserunt, dicentes cum *Aristotele*, *3 Met. cap. vlt.* parhelius est imago Solis, a latere eius in nube densa, plana, quiescente, & aquosa, tanquam in speculo, per radiorum solarium refractionem, expressa. Ita quidem sex simul Soles visi dicuntur in Polonia, anno

anno 1525, *Syst. Phys. Goth. p. 398.* Deinde Romæ anno 1629 simul quinque Soles visi sunt, Martii 20, a *Scheinero*, vid. *Hugenius l. c.* Rursus quinque visi sunt anno 1684, Martii 28, hora 7 a. m. duarum horarum interuallo; *Iournal des Sav. 1684, pag. 172.* Plures eiusmodi obseruationes *Heuelius* accurate descripsit, atque edidit in *Append. ad Tractat. de Mercurio & Venere in Sole visis*, fol. 171; vbi etiam memorat, septem sibi Soles distinctos apparuisse anno 1661, Febr. 20, ab hora $10\frac{1}{2}$ ad meridiem vsque, cum *corona picta circa verum Solem*, & *circulo albo magno, per verum Solem transeunte*, & *vbique ab horizonte æqualiter cum Sole*, nempe 25°, *distante*, cuius diameter 130°, atque adeo *centrum cum Zenith spectatoris coincidebat*; præterea *parheliorum aliquot caudas post se trahebant in ipso arcu circuli albi.* *Gassendus, de meteor. cap. 6*, putauit, in vniuersum vsque ad vndecim Soles apparere posse. *Plinius* testatur, non plures simul ad suum æuum visos Soles quam tres; nec plures enumerantur inde ab *Aristotelis* tempore ad *Cardanum* vsque, quod mirum est, intra paucos annos, nostris nempe temporibus, contingere potuisse, quod tot seculis olim non fuerit factum. Sed caussa huius rei esse potest, quod duo parhelii laterales, qui semper lucidissimi sunt, vnice ab imperitis obseruatoribus fuerint annotati, dum reliqui plerumque languidi admo-

dum sunt, vt pro nubeculis facile haberi possint. vid. *Hug. l. c. pag. 12.* Reliqua vero Parheliorum phaenomena praecipua huc redeunt. 1. Plerumque apparent tempore veris & auctumni. 2. Semper cum coronis, pictis aut non pictis, visuntur. 3. Semper spectantur aëre quieto, & nubibus crassioribus vacuo, vt aër fere serenus, sed aliquantum tamen subnubilus, videatur. 4. Magnitudo eorum eadem est, quae Solis veri; figura a rotunditate interdum recedit, & lacera est; fulgorque debilior. 5. Latitudo parheliorum eadem est, quae circuli magni, horizontalis, antea memorati. 6. Conspecti fuerunt tempore vnius horae, immo etiam quatuor horarum. 7. Euanescunt omnia successiue & pedetentim primo ab vna, mox ab altera, parte, reditum crebro simulantia, donec penitus extinguantur.

258.

Caussa elegantissimi huius phaenomeni in nostra atmosphaera sine omni dubio haeret. *Primo* enim semper cingitur illud corona, aut halone, quae in nostro aëre existunt. (251.) *Secundo*, tempus postulat, quo coelum non quidem sit perfecte serenum, sed nebula tenui & pellucida obductum. *Tertio*, in locis parum a se distantibus vix conspiciuntur. *Quarto*, ordinarie apparent tempore brumali, aut verno, in mediocri frigore, spirante vento

to leni ex plaga boreali. *Quinto*, cum desinunt, aliquando pluit, aut ningit cylindrulis, vel spiculis oblongis. Veteribus autem allegata caussa, nubes nempe densæ, nimium generalis est; in omnibus enim eiusmodi phænomenis atmosphæricis semper ad nubes, harumque reflexiones, confugerunt, tanquam claudi ad equos, nulla determinata expositione circumstantiarum; deinde videmus, densas nubes hic plane abesse, teste *phænom.* 2; nec vllo modo perspicitur, quomodo ex nubibus densis coronæ, aut circulus ille albus horizonti parallelus, oriantur. Hinc etiam *Cartesius*, *de meteor. cap.* 10, pro caussa allegat magnum quendam velut annulum solidum in aëre exortum ex glacie continua, pellucida, & polita. *Gassendus* oriri parhelios & paraselenas credidit, quando plures halones se intersecant; ita enim loca intersectionum ob geminatam lucem exsplendescere, quæ deinde ab ignaris pro Solis aut Lunæ imaginibus habeantur. Sed ex delineationibus accuratis ab *Heuelio* & *Hugenio* factis facile apparet, ibi etiam cerni parhelios, vbi coronarum intersectio nulla est.

259.

Solus autem perfecte ac determinate horum omnium originem & constitutionem explicuit iterum *Hugenius*, *de Coronis & Parheliis*; quæ vero explicatio cum ob circulos varios

rios sibi repræsentandos imaginationem valde exerceat, nec sine multorum schematum ambage tradi possit: tentabimus conceptum tantummodo eius fœcundum excitare, atque ob oculos ponere, vt, qui plus elaborare in his cupiat, fundamentum habeat, cui tuto insistat. *Hugenius* itaque, vti ad genesin halonum vsus est sphærulis semiliquidis, quibus innatet intus nucleus niuosus: (252.) ita ad parhelios iam requirit similes cylindrulos, admodum exiles, densissimo agmine in aëre volitantes & pendulos, iterum semiliquefactos & superficiei aquosæ inclusos, in quorum medio autem maneat cylindrulus minimus ex niue tenuissima constans, luci impervius, sed aquæ superficiali immersus. Minime autem hæc corpuscula temere aut frustra fingi in aëre asserit, cum sæpius talia ex eodem magna copia decidant sub forma niuis aut grandinis. Sed vt erecti sistantur hi cylindruli madidi in aëre, quem eorum situm requirit latitudo parhelii eadem cum latitudine circuli magni, albi, & horizontalis, ex *phænom.* 9, adest in eorum cuiuslibet parte inferiori globulus aliquis annexus grauior, ex defluente humiditate exortus, ex cuius pondere cylindrulus in aëre verticaliter suspensus hæret, vt aræometrum in aqua. (P. II, 126.)

260.

Ex hisce nunc adumbrare poterimus genera-

nerationem parheliorum & paraſelenarum, eſt enim vtriusque phænomeni eadem ratio. *Primo* ex eiusmodi cylindrulis, qualis eſt B, Fig. in cuius ſuperficiem madefactam circumcir- 99. ca incidit radius AB ex Sole vero A, oritur radius reflexus BO, qui nucleum niuoſum penetrare nequit, quorum plurimi in oculum O perueniunt; vnde igitur hic, per productum retro hunc reflexum, videt lineam lucidam, tanquam in ſpeculo cylindrico, Solis diametro æqualem, in C, ſecundum leges ſpeculi, in concurſu radii reflexi producti, & catheti incidentiæ; (127, & 154.) hinc ducta horizontali DE, & huic parallela FB, erit altitudo Solis ABF = angulo COE, quia ob reflexionem anguli apud B ſupra & infra æquales ſunt, & FBO = COE, ob parallelas BF & DE. Oritur itaque ex iunctis imaginibus innumerarum talium linearum pellucidarum circulus ille magnus, albus, AGICH, cuius ſingula puncta eiusdem ſunt altitudinis ſupra horizontem, eius nempe, quam tenet Sol verus, ita vt hic ipſe etiam in hoc circulo comprehendatur, atque vt hic circulus ſit horizontalis, aut horizonti parallelus, & conſequenter ipſius centrum Z ſit ſimul ſpectatoris in O Zenith; debet porro etiam latitudo huius circuli magni eſſe eadem cum diametro Solis; ſinguli præterea ſpectatores videbunt quilibet circulum ſibi peculiarem, omnes tamen per

verum

verum Solem transeuntes; & si partes quædam languide, aut plane non, appareant, id orietur ex defectu cylindrulorum. *Secundo*, radiorum quidam ad latus vtrumque nuclei niuosi aquam transeunt, & refracti ad oculum perueniunt AKLO, vnde colores aduehunt; (218.) ex quorum duplici refractione, vtrinque facta ad vtrumque latus cylindruli obscuri inclusi, in refracto OL producto sistuntur Solis imagines apud H & G, adeoque Soles spurii, aut parhelii. *Tertio* parhelius tertius I oriri potest, sed admodum debilis, ex facta in sectione cylindruli duplici refractione apud P & N, & vnica reflexione apud M. *Quarto*, quod caudam habeant parhelii quidam, producitur ex debiliore refractione in cylindrulis vicinis & efficacibus adhuc aliquantum ad hoc negotium. *Quinto*, si plures cylindruli supra alios positi sint, & efficaces, plures etiam parhelii in eodem circulo magno generantur. *Sexto*, his cylindrulis semper etiam permixti sunt globuli, qui ad coronas requiruntur; (252.) igitur circa Solem verum vna aut altera corona adesse poterit; quamuis etiam cylindrulos hisce halonibus producendis aptos iudicet *Hugenius*, *l. c. pag.* 26. *Septimo*, cœlum erit fere serenum, quia paruuli hi cylindri raram tantum & tenuissimam nubem efficiunt, qua Sol & cœlum obteguntur. *Octauo*, omnia hæc experimentis imitari licet, cylindro ligneo

gneo ſolido intra cylindrum cauum aqua repletum intruſo & ſuſpenſo.

261.

De Paraſelenis denuo tractare non opus eſt; agnoſcunt enim, vti iam innuimus, easdem cum parheliis cauſſas. Sed alia adhuc phænomena huc ſpectantia non ſunt prætereunda. *Primo* enim apparuerunt aliquando *Sol* aut *Luna in cruce*, qualem in Luna viſam peculiari Diſſertatione deſcripſit *Io. Andr. Schmidius*; obſeruauit etiam *Heuelius*, *l. c.* Pariſiis crux Lunam tegens obſeruata eſt anno 1677, Maii 17, in Obſeruatorio Regio, hora 2 mat. in qua diameter brachii cuiuslibet apparens erat 12°, latitudinis autem vtriusque eadem erat diameter, quæ Lunæ. Vid. *Journ. des Sav. 1677, p. 178.* In hac quidem tali cruce cœleſti *Hugenius l. c. pag. 62*, aſſerit, brachium horizontale generari a reflexione radiorum Lunæ ex cylindrulis verticaliter in aëre erectis, qui in parheliis circulum album magnum producunt, cuius hoc brachium pars ſit; alterum vero brachium verticale originem ſuam debere reflexioni Lunæ factæ ex cylindrulis horizontaliter procumbentibus; addit autem, Lunam valde humilem eſſe debere ad hanc apparentiam efficiendam. Idem hoc phænomenum ſine dubio fuit, quod Conſtantinus M. anno æræ Chriſtianæ 312, 7 Cal. Nouembris, contra Maxen-

Maxentium pugnaturus, Soli superpositum vidit, de quo legatur *Verdriesii Physica*, *1728 edita*, *pag. 456*. *Secundo*, *Sol in columna verticali oriens* obseruatus fuit a *Christoph. Rothmanno*, celebri Astronomo, Cassellis anno 1586, Ian. 2. vid. *Hugenius*, *l. c.* Deinde Parisiis a *De la Hirio*, anno 1702, Maii 11, qui columnae altitudinem 10° deprehendit, latitudinem vero aequalem Solis diametro; vid. *Mem. de l' Acad. huius anni*, *p. 141*. Hoc phaenomenum explicat *De la Hire* per nubes, quae tenues sint, & horizonti parallele incumbant; idemque illustrat candela, per vitrum sebo inductum aspecta, cui sebo sulci paralleli horizontales prius digito inducti fuerunt. *Hugenius* vero idem phaenomenum deriuat a cylindrulis horizonti parallelis, vti modo ante. *Tertio*, *Solis vmbram in horologio solari obseruatam fuisse retrogressam*, mense Iunio, circa meridiem, refert *Parent*, *Recherches de Phys. & de Math. Tomo II*, *p. 256*; cuius phaenomeni consequentia naturalis nemini dubia, aut anxie inquirenda, erit, qui ex praecedentibus intellexit, (251.) in ipsa etiam aestate mediam aëris regionem refertissimam esse particulis glacialibus, grandini originem tribuentibus, quae si a vento colligantur ante Solem ad densitatem aliquam, hunc non obscurant solum, vt disci argentei instar nudis oculis appareat, sed eiusdem radiis quoque subitam aliam refractionem, atque vmbris

con-

consequenter mutationem, inducunt. *Quarto*, *Anthelium* quoque obseruauit *Heuelius*, *l. c.* anno 1661, mense Sept. vt, Sole vero occidente, nouus in oriente emergeret. Hic vero nihil aliud fuit, quam parhelius in circulo albo & magno, quem antea indicauimus, valde extenso.

262.

Vocamur tandem ad *Meteora Ignea*, in quibus maxime conuenit notare distinctionem superius allatam, (234.) inter *emphatica* & *hypostatica*, quam alii etiam exprimunt per *splendentia*, & *ardentia*; cauendum porro, ne cum his confundamus nubium a Sole aut Luna illuminatarum colores rubicundos; aut crepuscula matutinum & vespertinum; aut tractus albidos viæ lacteæ, quæ ad astra referri debet. Ignea ergo meteora *Aristoteli* dicebantur, quæ ex fumo pingui, aut sulphureo, accenso oriuntur; quorum species sequenti ordine explicabimus, vt perlustremus. 1. *Fulgur*, 2. *Fulmen*, 3. *Tonitru*, 4. *Bolidem*, 5. *Stellas cadentes*, 6. *Draconem volantem*, 7. *Capram saltantem*, 8. *Facem*, 9. *Stipulas ardentes*, 10. *Ignem fatuum*, 11. *Ambulones incendiarios*, 12. *Castorem & Pollucem*, 13. *Ignem lambentem*, 14. *Lanceam ardentem*, 15. *Pyramidem*, 16. *Clypeum ardentem*, & 17. *Auroram borealem*.

263.

Fulgur, *Coruſcatio*, eſt deflagratio exhalationis ſulphureæ quieta & tacita, reſplendens tantum ſine ſonitu, quales accidunt æſtate circa horizontem poſt dies feruidos & æſtuoſos veſperi aut noctu. Materias eiusmodi inflammabiles ſulphureas, oleoſas, temporibus æſtiuis a calore ſolis terræ, plantis, animalibus, expreſſas magna copia hærere & in atmoſphæra natare, ſupra iam vidimus. (P. I, 391.) Quæſtio igitur hic ſola in eo verſatur, qua ratione fiat, vt hæc igniaria in aëre incendantur. Hoc autem triplici modo, nobis ſaltim cognito, fieri poſſe Auctores aſſerunt. *Primo*, ſi ingens copia fomitis talis adſit coaceruata & conſtipata, veluti experientia nouimus, fœnum ex. gr. humidum & compreſſum, fimeta denſe coaceruata, ſponte accendi, & in viuas flammas erumpere, cum ſulphurei vapores ſe colligunt, & valde comprimunt. Conſtipantur autem in libero aëre hæ exhalationes, quia ſurſum altius aſcendere nequeunt quam grauitas ipſarum ſpecifica permittit, deſcendere autem pariter nequeunt ob aëris preſſionem, & nubes quoque impedientes. *Secundo*, ſi priori noua accedat exhalatio, quæ ſe cum illa miſceat; vti Chemia docet, plures dari materias fluidas & ſolidas, quæ ſecum permiſtæ flammas vibrant; (P. I, 344.) veluti cum ad ſpiritum nitri fumantem, ex oleo vitrioli nitroque

troque confectum, oleum caryophyllorum affunditur; aut si parem sulphuris, aquæ, & limaturæ martis, copiam ad pulmentum redactam in vitro teneas obturato, aut sub terram defodias, in quo casu, rimas hac agente, post breue tempus flammulæ prorumpunt. Nihil vero horum omnium, & longe adhuc plurium, suo tempore in atmosphæra deest. (P. I, 391.) *Tertio*, si radii Solis interdiu nubem rotundam perreptantes focum dioptricum (183.) forment, in tales exhalationes incidentem, vid. *Celeberr. Musschenbroekii Institut. Physicæ pag. 708;* & *Boerneri Physica, pag. 268.*

264.

Similis autem exhalationis sulphureæ deflagratio, cum sonitu & strepitu nubibus excussa, vocatur *Fulmen;* & sonitus auditus *Tonitru*, quod est murmur quoddam in nube; & fulmen vibratio luminis, quæ cum ipso fit tonitru, sed ante cernitur, proiecta sinuosis ductibus secundum varias directiones. Cum ergo fulgur tranquille deflagret, cum insigni fragore autem fulmen: necesse est vt exhalatio sulphurea talis adsit, quæ comburatur cum magno crepitu; sulphur enim in fulmine copiosum inesse omnia loca fulminata odore comprobant, teste *Plinio*, *Nat. Hist. lib. 35, cap. 15.* Pulueris nostri pyrii similis illa materia esse nequit, quia hic

deflagrans in aëre libero sonitum magnum non edit. Sed aliæ materiæ, nobis etiam cognitæ, in promtu sunt ex Chemia petitæ, videlicet aurum fulminans, puluis fulminans, quorum hic componitur ex partibus tribus nitri purificati, duabus salis tartari, & vna sulphuris, bene contritis & permixtis; quo puluere si cochlear repleatur, prunisque imponatur, is colorem primo contrahit fuscum, tandemque cum magno fragore incenditur. Multis præterea aliis materiis idem effectus obtineri potest; vid. *Cel. Musschenbrœkii Essai de Physique, pag. 872.* Et pluribus adhuc aliis mixturis natura vti hic potest, pro ratione soli cuiuscunque in altum eleuatis; vnde probabile fit, fulmina omnia non esse eiusdem generis, sed in variis regionibus diuersa; hinc etiam omnis illa exhalatio sulphurea, cuiuscunque generis fuerit, quæ ex vno priorum modorum (263.) incensa fragorem terribilem edit, commode vocari potest in genere *materia fulminea.* Dubium autem oriri hic potest, si Chemica tali ratione generatio fulminis explicetur, tum fore vt accensa semel illa materia consumatur integra & dispergatur, nihilque superstes eius maneat; cum tamen ex vna eademque nube plura fulmina excuti videantur; sed huic occurrit *Hombergius*, in *Hist. de l'Acad. 1708*, nempe materiam illam accensam statim iterum colligi, vt denuo accendi possit,

cum

eum nequeat altius facile aſcendere atque ſic diſſipari, quod in noſtra aëris regione accidit, ob aërem circa nos grauiorem; aut ſi vi excuſſa aliquantum aſcendat, ſtatim rurſus delabatur ad ſedem priorem.

265.

Hæc itaque materia fulminea, per varios ductus anfractuoſos hinc & inde per aërem in lineas diuiſa quaquauerſum extenſas, vbi alicubi incenditur, (263.) in ſui medio, dehinc vtrinque incendium vehementiſſimum deuehit, vti ignis, curſorius dictus, donec illa linea ſit combuſta & exhauſta, in quamcunque plagam directio fiat. Ex quo patet, cur tam incertos ductus fulmen ſequatur, prouti nempe a ventis, aliisue cauſſis, materiæ fulmineæ curſus & lineæ huc vel illuc inter ſe cohærent, & lineam incendiariam formant; deinde, cur conſultum ſit oboriente tempeſtate omnes domus aut conclauis ianuas & feneſtras probe occludere, ne quid filorum iſtorum irrepere facile poſſit, & flammam pernicialem illuc deducere; cur cauendum ſit ſolicite, vt ne tempeſtate coorta æſtu ipſi efferueſcamus; vna enim cum ſudore multi ex corpore noſtro vapores egrediuntur ſulphurei, qui dum a fulmine accenduntur, nos quoque percutimur; vid. *Celeberr. Krügeri, Philoſ. Natural. p. 768.* Fulmini itaque præ cæteris obnoxia erunt illa

loca, in quibus multum materiæ fulmineæ aut ſulphuroſæ exſpirat ex terra, veluti circa montes igniuomos, & vbi ex ſolo copioſum ſulphur aſcendit; hinc in Ægypto & Æthiopia vix fulminat; in Sicilia & Italia frequentiſſime; in Iamaica fere ſemper; vid. *Tranſact. Philoſ. num.* 357. Deinde eidem etiam propius ſubiecta ſunt loca eminentiora; atque ita ſe habere dicuntur quoque a quibusdam turres puluere pyrio repletæ, ob ſympathiam, (P. I, 205.) vel rectius, ob exhalationes. Fulminat vero pariter in medio oceano, quia tractus ſulphurei per aquas ſurſum pelluntur, vti in fontibus quibuſdam fit, quorum aquis ſi propius admoueatur candela, illæ inflammantur; vid. *Commentarii Bonon. pag.* 119; nec minus materia fulminea maribus per ventos aduehi poteſt. Fabuloſe autem fulmine non tangi dicta fuerunt olim 1. *laurus*, vnde Tiberius turbatiore cœlo coronam lauream capite geſtauit, quia fulmine afflari negetur id frondis genus; *Sueton. Tib. cap.* 69; *Plinius Nat. Hiſt. lib. II, cap.* 55; in notis tamen huic adiectis ab *Harduino* experientiam hoc refellere pluribus teſtimoniis dicitur; 2. *ficus*; 3. *hyacinthus* gemma, ſi vel in annulo geſtetur; 4. *vituli marini pellis*, quam Auguſtus Cæſar vbique circumtuliſſe pro remedio memoratur pariter a *Suetonio cap.* 90; 5. *aquila*, *Plin. lib. II, cap.* 55; 6. *cellæ*, & loca alia ſubterranea, quoniam

iam altius quinque pedibus fulmen in terram non descendere tradit *Plinius l. c*; vnde etiam Augustus ad omnem maioris tempestatis suspicionem se in abditum & concameratum locum recepisse dicitur a *Suetonio*, l. c. quod certe inter omnia tutissimum erit remedium.

266.

Hic Tubingæ expertus sum tempore nouem annorum, tempestates fulmineas fuisse 131, vnde medio numero pro singulis annis prodeunt tempestates fere 15; vtplurimum primæ exortæ sunt mense Maio; mensibus hibernis tonuit hoc toto tempore ter, & semper flante fortissimo vento W aut SW, vnde ab his materiam fulmineam ex locis calidioribus aduectam fuisse censeo, non propriam huius nostri soli; constricta enim terra a frigore, niue, aut glacie, vix sulphuris quid exspirare potest. Neque vero impossibile est vt cœlo sereno fulminare & tonare possit, quod veteres auctores memorant, & *Scheuchzerus* quoque testatur *Meteorol. Helvet. pag.* 2; potest enim sub vtroque cœlo materia sulphurea ab aliis interfluentibus accendi. Fulmen ex terra in altum ascendisse vidit *Illustr. Maffeus*, & alii viderunt, *Journal des Savans d'Italie*, *tom. I*, *p.* 188. Minime itaque opus est vt putemus tonitrua, cum *Empedocle* & *Anaxagora*, oriri ab extinctione ignis in nubibus contenti;

vel vt cum *Cartesio* sentiamus, qui eadem lapsui nubium, & collisioni in se mutuo factae, adscripsit, secutus fere *Senecam, Natur. Quaest. lib. II, cap. 16.* Abundat enim aër vaporibus acidis, fermentescendo aptis, vti videre est ex eo, quod ferrum & cuprum rubiginem in aëre tam facile contrahunt, ignis accenditur sufflando, cordisque pulsus in animalibus respiratione conseruatur. Vid. *Newtoni Opt. pag. 326.* Quoties autem tonitru, vnico ictu generatum & absolutum, continuati murmuris instar diutius auditur, id exoritur a diuersis reflexionibus, in nubibus tam, quam in locis terrestribus, factis, vnde & in vallibus, quae montibus altis cinctae sunt, terribiles eiusdem mugitus resonant. Sonum moueri videbimus infra (300.) per milliare Germanicum, quod 22824 pedum Paris. statuitur in *Elem. Geographiae Wolfsianis*, §. 43, tempore 22 min. secund. adeoque per $\frac{1}{4}$ mill. aut per distantiam semihorii interuallo percurrendam, in $5\frac{1}{2}''$; lux vero per hoc interuallum tempore insensibili vibratur; (60.) vnde fit vt fulmen prius videamus, quam tonitru percipiamus, si procul a nobis sit remotum; atque cum pulsus sani hominis fere adaequet $1''$: tot semihoriis a nobis distare fulmen tuto iudicare possumus, quoties 5 pulsus arteriae numeramus a viso fulmine ad auditum tonitru. Quamuis igitur hoc artificio de absentia aut praesentia periculi

riculi certiores reddamur: sæpissime tamen in grauioribus tempestatibus expertus sum, mira quadam celeritate interdum rapi ad nos materiam fulmineam, aut ventis propulsari, vt, quæ paullo ante aliquot semihoriis abfuerat, nunc in momento quasi nobis proxima sit, vt fulmen & fragor nullo fere amplius interiecto tempore se insequantur, quod si accidat, non negandum est, proximè nos apud materiam fulmineam versari, adeoque periculo expositos esse summo.

267.

Effectus fulminis in tempestate grauiore admodum mirabiles & paradoxi vulgo recensentur partim, partim etiam reuera sunt. Loculis integris ac illæsis conflatur argentum & aurum; manente vagina gladius liquescit; stat fracto dolio vinum; exhauriuntur etiam dolia intactis operimentis; *Seneca l. c. lib. II, cap. 31;* & *Plinius lib. II, cap. 51;* enecantur embryones in vtero, salua matre. *Seneca* quoque vinum fulmine gelatum dicit, *cap. 53.* Illud vero fit ex ignis natura, qua motus eius pernicissimus rariora sine noxa transit corpora, si contigua adfuerint densiora; (P. I, 352.) fit enim ex hac eadem caussa, vt glans plumbea, tenui papyro firmiter & sine rugis obducta, ad candelam admota liquescere incipiat illæsa papyro. De reliquis vero liceat dubitare; aut si gelatum fuit vinum, id forsan magnæ abundantiæ particu-

larum nitrosarum adscribendum fuit. (I, 329.) Si homines aut reliqua animalia fulmine tacta pereunt, in quibus nullum a fulmine vestigium apparet: id fit ab ingenti terrore, & a suffocatione subita, quam sulphur producit, vid. *Halesii Statica vegetabilium*, *p. 227*; tum ab aucta in immensum elasticitate aëris a flamma intensissima, & incredibili celeritate mota. Hinc commode explicatur phaenomenum *Scheuchzeri*, qui matrem, infantem suum brachiis gestantem, fulmine peremtam recenset, hoc plane saluo, quia nempe huic metus abfuit, aut terror, & in tenerrima aetate suffocatio difficilior. Si vero in fulguratis adsint contusiones, laesiones, & vulnera lethalia: mortis caussa in promtu est, ab immediato fulminis contactu petenda. Soli denique motui tremefacienti tonitruum debetur, & succussioni generali, cum fluida a tempestate corrumpuntur, vt fermentationem aut sistant, aut incipiant; cum lac, cereuisia, acescunt in cellis nec bene clausis, nec profundis; a solo enim haec oriuntur motu intestino partium siue excitato, siue suffocato; (P. I, 73.) vid. *Ioh. Bernoullii Opera*, *tomo IV*, *pag. 522*. Nihil igitur explicant distinctiones illae veteribus vsitatae, quibus fulmen est vel *terebrans*, quod per poros facile transit, & argentum liquefacit intacto marsupio; ossa animalium carne illaesa; vel *discutiens*, quod ictu disrumpit arbores, quercus, tur-

res frangit & muros; vel *vrens*, quod omnia in flammas vertit ac ædificia incendit.

268.

Pauca adhuc superſunt ſequentia. I. Fulmina auerti poſſe, aut aliorſum determinari, campanarum ſonitu, aut tormentorum bellicorum exploſione, vix mihi poſſum perſuadere. Obſtat enim experientia, qua certum eſt, anno 1718 in Gallia 24 ædes ſacras, in vicinia ſitas, ſimul fulmine fuiſſe tactas, in quibus omnibus campanæ pulſabantur, ad auertendam noxam; alias vero prioribus permixtas, in quibus nullus ciebatur æris ſonitus, manſiſſe intactas; vid. *Hiſtoire de l'Acad. de Paris, anni 1719.* Amplam campanam ſonantem in diſtantia 10 pedum ne tenuem quidem chartulam leuiter ſuſpenſam loco ſuo mouiſſe auctor eſt *Hartſœkerus, Cours de Phyſ. pag. 300;* neque etiam ſonus aërem fugat aut diſpellit, ſed motum ſolum vibratorium aut oſcillatorium, haud longe excurrentem, ipſi imprimit. Vid. de his *Richterus, de vero fulminum loco natali;* nec non Programma D. *Wuchereri, Theol. & Phyſ. Prof. Ienenſis,* Germanice verſum in *Bœrneri Phyſica, §. 246.* Priſcillianiſtæ olim putabant, tempeſtates & fulmina eſſe opus Satanæ, qui fugari poſſit ſono campanarum, tanquam ſupellectilis ſacræ, baptiſmo tinctæ, vnde iſte error videtur profluxiſſe. II. Tractum fulmineum

mineum incensum multas secum deuoluere partes tam subito non combustibiles, easdemque summe calefactas accumulare in globum, qui decidat e cœlo, disrumpatur, & maximas edere strages possit, omni dubio caret, a captis obseruationibus Virorum Celeberr. *Musschenbrœkii*, *Institut. Physicæ pag. 714*, & *Krügeri*, *Philos. Nat. §. 568*, quorum hic eiusmodi globum diametri 6. pedum e cœlo delabentem vidit, paullo postea subito displosum; talem etiam sub lapidis forma Cordubæ a se visum, & odorem sulphureum spargentem, refert *Auicenna*, *Syst. Phys. Goth. pag. 298*. Dicitur talis, *lapis fulmineus*, *cuneus fulminaris*, *telum fulmineum*. III. Vtilitates tamen etiam quasdam affert nobis tonitru, cum aërem purificat, & ab exhalationibus sulphureis liberat, vt ne noceant animalium sanitati; cum pluuiam eo tempore cadentem imbuit eiusmodi particulis, quæ vegetationi plantarum prosunt; cum æstus ingentes temperat. Fabulis autem accensendum est, quod tonitru gignat tubera terræ, quæ fungorum instar sint, olim in magnis deliciis habita, vnde *Iuuenalis* dicit: *& faciunt lautas optata tonitrua cœnas.* IV. In explicando illo phænomeno, quo malus nauis fulmine percussus fuit, acus vero magnetica infra eum locata nihil quidem damni accepit, ita vero tamen mutata fuit, vt plagarum loca opposita indicaret, inscio nauta, qui diu pro-

progredi nauem ratus retrogressam tamen postea expertus est, quod refertur in *Iournal des Savans*, *Tomo 5*, *pag. 74*, difficilis explicatio est, si magnetem effluuiis non dirigi assumas; (P. I, 269.) quamuis ipse sim expertus, directionem acus magneticæ a crebris & vehementibus tonitruum concussionibus aliquam subiisse mutationem; *Nouor. Commentar. Acad. Scient. Petropol. Tomo I, pag. 145.*

269.

Sequitur nunc *Bolis*, Feuerkugel, Feuerballen, quam dicimus globum ardentem magnum, rapidissime per aërem delatum, & plerumque caudam aliquam post se trahentem. Talium exempla plurima cognita sunt & descripta. In Alsatia anno 1630 talis globus lapideus cœlo delapsus, niger, ponderis circa 300 libr. & in quo indicia apparent quod ignitus fuerit, conseruatur Ensishemii. vid. Celeberr. *Musschenbr. Essai de Physique pag. 793. Hartsœkerus*, inter cometas eos referens, memorat vnum m. Martio 1719; alium in Italia visum eodem mense 1676, cuius distantia a terra circa 100 milliaria Italica, aut 25 Germanica, calculo subducta fuit, & cuius displosio totam Florentiam tremore concussit; tertium illum, qui, teste *Plutarcho*, temporibus *Anaxagoræ* cœlo demissus fuit, ac illa ætate in Chersoneso visebatur adhuc; quartum 1706 in Græcia, 72 libras

pon-

ponderantem, & ſulphur exſpirantem. *Cours de Phyſ. pag. 262.* Alia exempla occurrunt in *Iourn. des Savans 1676, pag. 133*, Florentiæ iterum viſa. Alii tales globi apparuerunt in Sileſia, atque vicinis regionibus, anno 1717 Aug. 10, nec non 1721 in magna Germaniæ parte, vid. *Acta Erud. Lipſ. 1708, pag. 526. Gaſſendus* aliquem conſpexit diametri duplo maioris lunari. *Kirchius* ſimilem conſpexit Lipſiæ, 1686, deſcriptum in *Ephemeridibus ſuis*, ſub ſemidiametro lunæ, qui tanta luce noctu omnia colluſtrabat, vt eius ope ſine candela literas legere quis potuiſſet; ſenſim euaneſcentem, qui tamen altitudinem ſex milliarium Germ. habere debuit, vnde diameter ipſius vera pedum 335 concluditur. Alius conſpectus fuit Bononiæ anno 1719, cuius diameter apparens æqualis lunæ plenæ, colore quaſi ardentis camphoræ, cum tanta luce, quæ ſolis orientis eſſe ſolet; apparebant in eo quatuor voragines fumum exſpirantes & flammulas ardentes, cum cauda ſepties diametrum ſuperante; altitudo calculo æſtimata fuit ad minimum 3 mill. Germ. diameter vera autem 3560 pedum; loca, ſuper quæ tranſiit, graui ſulphuris odore infecit, & cum fragore tandem diſſiliit. *Comment. Acad. Bonon. p. 286.* Similiter quoque bolidis ſpecies fuit illud ingens lumen, a *Montanario* obſeruatum 1676, Mart. 31, Bononiæ, quod tranſibat ſupra vniuerſam Italiam celeritate 160 mill.

mill. Ital. in 1 min. primo, vbicunque erat verticale, fragores crepitantes eius audiebantur, & Ligurni ſonus tanquam exploſarum balliſtarum. Diſtantia huius a terra iudicata fuit 8 mill. Germ. vid. *Illuſtr. de Mairan, Traité de l'Aur. bor. pag. 65.* Videntur quidem tales bolides eſſe nubes integræ, e ſulphureis potiſſimum, ſed & aliis quoque, materiis inflammabilibus, exortæ a terræ motu alicubi facto, in quo ingens cauerna ſulphurea aperta fuerit. Vid. *Celeberr. Muſſchenbrœk Inſtitut. Phyſ. p. 706.* Sed cum ad diſtantiam earum a terra, reliquis meteoris longe maiorem, attendimus, facile inclinamur in ſententiam *Halleii*, qui ex numero meteororum eas reiecit, ſtatuitque oriundas non ab exhalationibus terreſtribus, quæ eo vſque pertingere nequeant, ſed a particulis minimis, quibus tellus & eius regio ſumma aëris in curſu ſuo occurrit, nouiter ortis, nec ſatis celeriter adhuc ſolem verſus tendentibus; vid. *Philoſoph. Tranſact. Num. 341.*

270.

Venit nunc *Stella cadens, ſtella tranſcurrens, ignis volans, ſcintillæ volantes*, & *Ciceroni traiectio ſtellæ*, dicta, quæ eſt exiguus globus ignitus, per atmoſphæram cœlo ſereno abductus & in terram decidens, quæ magnitudine apparente ſtellam refert, adeoque ſenſibus noſtris illudit, vt ſtellam diſcurrere credant.

dant. Talis obſeruatur noctu tantum, non, quod interdiu nullæ cadunt, ſed hoc tempore ob lucis diurnæ claritatem cerni nequeunt. Eadem ſpectatur plerumque vere ac autumno, quanquam Petropoli anno 1741 Nouembris 25, in ſumma ſerenitate, & frigore acerbiſſimo, monſtrante nimirum Thermometro Fahrenheitiano gradus 0, noctu plures vidi. Conſtant materia glutinoſa & ſulphurea, quæ incenſa (263.) leniter & lente conflagrat. Materiam talis ſtellæ cadentis in terras delapſam referunt aliqui deprehenſam eſſe tenacem, flaueſcentem, nigris & exiguis maculis diſtinctam, ex qua inflammabile omne ſit abſumtum; quanquam alii hanc materiam in ſolo inuentam coruorum, & aliarum auium, ſordes eſſe credant; vid. *Merretti Pinax pag. 219.* Arte easdem imitamur, ſi camphora cum nitro, & limo terreſtri, per ſpiritum vini irrigetur, & globuli exinde formentur, qui incenſi, & per aërem proiecti, ſtellam cadentem cum ſimili tenaci mucore tandem ſuperſtite referunt. Easdem materiæ Electricæ adſcribit *Celeberr. Waizius*, vid. *Krügeri Philoſoph. Nat. p. 774.* Veteribus generaliter ventos præſagire credebantur; vid. *Virgil. Georgic. I. v. 365; Plinius, Hiſt. Nat. lib. XVIII, cap. 35.* Eadem porro hac explicatione continentur etiam *Draco volans*, qui eſt ſimilis materia viſcoſa & ſulphurea inflammata, deorſum oblique cadens, & maior

maior, cui inexperti draconis volitantis formam tribuere ſolent; nec non *Capra ſaltans*, quæ eſt eiusmodi incenſio ſubſultans; pariterque *Fax*, & *Stipulæ ardentes*, cum plures eiusmodi flammulæ ſimul deſcendere videntur. Vid. Perilluſtr. L. B. *de Wolff Phyſica Germ. pag. 466*; *Cruſii Phyſica pag. 100*.

271.

Ignis fatuus, *erraticus*, *ambulo*, Irrwiſch, Irrlicht, ſunt vna, aut plures faculæ, magnitudine candelæ accenſæ, prope ſuperficiem ſoli, in diſtantia 6 aut 7 pedum, hinc & inde errantes per aliquot horas. Extinguuntur ſubinde, & ſubito in alio apparent loco; cum forſan in motu ſuo aliquandiu ab arboribus aut dumetis abſconduntur; mutantur magnitudine ſua & figura; nihil incendunt, ſed odorem tamen ſulphureum emittere aliquando ſentiuntur; ſequi fugientes dicuntur, & fugere inſectantes, quod partim ex errore viſus proficiſci poteſt, partim quoque ab aëre, a fugientibus poſt ſe tracto, & ab inſectantibus ante ſe protruſo. Frequentiores ſunt in locis calidis, Hiſpania, Italia, Africa, quam apud nos; in agro Bononienſi toto anno apparent, & copioſiores adhuc in hieme, terra niue obtecta; frequentiores etiam in locis paludoſis, pinguibus, cœmeteriis, prope fimeta, & loca ſuppliciorum. *Robertus Fludd*, talem perſe-

 cutus,

cutus, eam tandem in ſolum deiecit, deprehenditque manibus materiam viſcoſam & lubricam, ſpermatis ranarum inſtar, cum nigris & exiguis maculis, teſtante *Dechales, de meteoris, Tomo IV Mundi Mathem.* Nihil aliud eſſe videntur quam materia oleoſa & phoſphorea, ex putrefactis plantis, cadaveribus, ardore ſolis præparata, lucens tantum. Vnde fabulas quilibet agnoſcit, cum dicuntur eſſe animæ ex purgatorio errantes, aut cacodæmones, qui malignitate ſua viatores in deuia, præcipitia, & foſſas, abducant, (I, 14.) vti nugati ſunt *Sennertus, Epitom. Phyſicæ lib. IV, cap. 2;* & *Cardanus, de var. rerum lib. XIV, cap. 69.*

272.

Referuntur huc *Ignes fatui ardentes*, vel *Ambulones incendiarii*, qui non tantum lucent, vt priores, ſed incendunt etiam tecta ſtraminea, & ædes ipſas; quales olim in Germania, elapſo ſeculo in Gallia, hoc adhuc ſeculo in Holſatia & Italia, exſtiterunt, figuræ rotundæ, ſed ad magnitudinem diſci lunaris increſcentes, & curſu celeritatem hominis currentis adæquantes. Deinde huc etiam pertinent *Caſtor & Pollux*, qui ſunt ignes fatui, in oceano fluctibus commoto nauibus adhærentes. Si duo fuerint tales ignes, dicto nomine appellantur; ſi vnicus tantum, vocatur *Helena*. Ex ſuperſtitione duo illi vete-

veteribus felices iudicati fuerunt, & nauigationi fauentes; hæc autem ſola inimica & infauſta. Vnde etiam Caſtoris & Pollucis imagine nauium apluſtria exornabantur. Vid. *Acta Apoſt. XXVIII, 11; Horatius, Carminum lib. I, Ode 3; Seneca Nat. Quæſt. lib. I, Plinius, Nat. Hiſt. lib. II, cap. 37.* Cernuntur in antennis, & funibus, mutantes ſedem ex ſede vti volucres; ſæpe etiam duobus plures; ſed nihil exurentes aut corrumpentes. Tradunt nautæ nihil eos eſſe aliud, quam lumen piſciculorum, qui cum colliſis fluctibus & vndis in altum excuſſi ad quaslibet nauium partes iaciuntur, iisque adhærent, & lucent quamdiu viuunt. Vid. *Celeberr. van Muſſchenbroek Inſtitut. Phyſicæ pag. 701.*

273.

Ignis lambens non vrit, ſed lambit quaſi tantum innoxie, conſpicuus in crinitis omnium animalium partibus, iubis equorum, præcipue cum pectinantur, & veſtibus quoque. De hoc habes apud *Virgilium, Aeneid. II, 682,* de Aſcanio; & *Liuium lib. I, p. m. 25,* de Seruio Tullio; & *Plinium, Nat. Hiſt. lib. XXXVI, cap. 27.* Hic autem ad meteora male refertur, quia non ex atmoſphæra oritur. Eſt enim nihil aliud, quam vera phoſphori animalis ſpecies, per frictionem excitati & prolecti; aut vero fluidum electricum attritione expergefactum, probante *Celeberr. Waizio, Abhand-*

Abhandlung von der Electricitæt, *cap.* 5; atque hinc lucens & quandoque crepitans. Pertinent huc etiam magni illi tractus luminosi, qui a muſcis tantum noctu gregatim volantibus, & phosphori lucem ex omni parte corporis exſpirantibus, oriuntur, veluti obſervatum fuit in inſulis Antillis, atque in Italia à *Valliſnerio*.

274.

Quæ ſuperſunt adhuc meteora, ea altius repetenda ſunt, ac ab ipſo Sole deducenda, a quo in noſtram atmoſphæram tanquam hoſpites veniunt, & ſequenti ordine cohærent. *Caſſinus* ſenior, Celeberrimus Galliæ Aſtronomus, cui nihil fere cœlum ſuorum occluſit, anno 1683 die 18 Martii, primum obſeruauit, extincto iam crepuſculo veſpertino, ſed cœlo ſereno, lumen ab horizonte occiduo, & ab occulto iam ſole, oblique protenſum in Ecliptica ad verticem fere vſque, inferne latius, ſuperne ſenſim in cuſpidem deſinens, cum via lactea, aut cauda cometæ, comparandum, tantæ raritatis, vt minimas etiam fixas non occultaret, valde tamen conſpicuum, & formæ triangularis valde oblongæ. Singulare hoc repertum orbi erudito indicauit in *Iourn. des Sav.* eiusdem anni, & obſeruationes plures inſtituit vſque ad annum 1688, quas publicauit in tractatu peculiari, *Decouverte de la lumiere céleſte, qui paroit dans le Zodiaque.* Hiſce obſeruationibus poſtea

postea alii passim solerter incubuerunt, atque idem hoc lumen, *Cassinianum* breui post dictum, aut *Zodiacale*, quia huius ductum sequitur, hodie adhuc obseruari potest, tempore verno quidem post solis occasum, autumnali autem ante solis ortum, rarius hieme & æstate, rarissime autem eodem die vesperi & mane simul, in tempestate serena, quam nec crepuscula, nec luna, impediant. Triangulum semper refert, mane & vesperi visum, cuius elongatio a sole est a 50° ad 103°, amplitudo in horizonte ab 8° ad 20°, angulus ad verticem a 10° ad $26\frac{1}{2}$°; hæc cuspis aliquando truncata apparuit, aliquando parum incuruata; & lux integra quandoque per plures annorum decades non videtur; vti *Cassinus* certissime affirmauit, aliquot annis ante 1683 eam visibilem non fuisse, cum ipse sæpius in illis annis attentissime lustraret omne cœlum pro cometa indagando. Augetur & diminuitur, aliquando euanescit. In zona torrida optime cerni potest, ob ascensum ibi Eclipticæ per totum annum verticalem. Denique mouetur vna cum sole circa terram ab ortu in occasum, motu primo & diurno intra 24 horas per totum cœlum. Hoc lumen mirum sane, & miraculum cœli cognitione Physica dignissimum, explicare ac illuminare tractauit, atque ad meteororum scientiam adaptauit, non minori soliditate quam ingenio, *Illustris Dom. De*

Mairan, in Traité Physique & Historique de l'aurore boreale, Parisiis 1733 edito, cuius operis nunquam intermorituri breuem epitomen hic aliquam traditurus ſum, ad propagandam eminentem hanc doctrinam.

275.

Primo quidem dubium eſſe poſſet, cur non olim etiam viſum fuerit hoc lumen, noſtro ſeculo tam nitide conſpicuum? Sed vt non ſemper ad nutum oculos noſtros incurrat, præter cauſſas allegatas, efficiunt etiam obliquus eclipticæ ſitus per dimidium fere annum ſupra horizontem noſtrum conſpicuus, neque minus facile etiam confunditur ab inexpertis cum via lactea cœli. Nunquam deinde immediate a ſole extenſum, aut ab vno ſolis latere integrum, conſpici poteſt, quia a ſolis ſplendore, atque ab ipſo crepuſculo etiam, obſcuratur; in eclipſibus tamen ſolis totalibus ſæpius iam detectum fuit in parte ſua ſolem proxime ambiente, circuli lucentis inſtar, quem *Keplerus, Aſtron. Copern. lib. VI, pag. 895*, adſcribit *ſubſtantiæ craſſæ circa Solem, non hic in noſtro aëre, ſed in ipſa ſede ſolis interdum circumfuſæ, quæ reſplendet radiis ſolis, apparetque, etiam tecto ſole, vt flammula circulariter emicans; hæc materia non ſemper eſt ſoli circumfuſa.* Vtut etiam Peripateticorum ſcholæ, & præiudicia de ſolis puritate, multum remorari potuerunt talem materiam cir-

ca

ea solem agnoscendam aut conspiciendam, conspexit eam tamen, & disertissime descripsit, *Childrey* circa annum 1659 in sua *Britannia Baconica;* conspexerunt eandem quoque veteres, sed sub alia facie, sub specie nimirum meteori, quod *Lanceam ardentem*, *Turrem*, *Titionem*, *Conum luminosum*, *Pyramidem*, *Clypeum ardentem*, quibuscum in figura perfecte conuenit, appellauerunt; de quibus optandum certe esset, vt accuratiores descriptiones horum ad nos transmisissent. Atque alia quidem adhuc vestigia occurrunt lucis huius sublimis inter veteres conspectae.

276.

Cum igitur hoc lumen *Cassinianum* sequatur motum solis diurnum exacte, lucemque solis ad nos reflectat vt videri a nobis possit, sitque materia aut actu flagrans, aut vero facillime a radiis solaribus inflammabilis: sequitur certe, illud oriri a congerie vastissima materiae, crassiusculae, vndecunque solem versus labentis, quae solem cingat, & quae omni iure cum *Cassino*, hodiernisque vniuersis Astronomis, vocari debeat *Solis Atmosphaera;* diuersa agnoscenda ab aethere etiam ab illis, qui hunc statuunt, quoniam hic nusquam lucem a se retropellit vt conspiciatur. Cum vero in omni situ solis haec atmosphaera appareat sub forma trianguli oblongi & cuspidati supra horizontem, erit ejusdem

Fig. 100. forma lenticularis, cuius ſectio aPqp, ita quidem, vt ſi S ſit corpus ſolis, cuius æquator AQ, Poli producti in P & p, atque æquator continuatus in a & q, forma hæc lenticularis prodeat, ſi curua Pap circa axem Pp rotetur, vt ſic corpus lenticulare prodeat, cuius aſpectus inferior & ſuperior ſit circularis, deſinens circumcirca in aciem, ad latus vero in peripheria circuli, vbique ſit formæ triangularis oblongæ & cuſpidatæ; vbi quidem ſitus conſtans terræ ad ſolem efficit, vt hanc lentem ſemper aſpiciamus ex parte aliqua aciei, aut æquatoris ſolis producti, nunquam vero ex aliquo loco prope axem productum, vnde ſemper hæc figura nobis apparet triangularis, nunquam vero circularis. Sol circa æquatorem ſuum conuertitur tempore 25 $\frac{48}{100}$ dier. vti ex motu macularum eius plene conſtat. (Vid. *Diſſertatio noſtra de atmoſphæra ſolis & maculis ſolaribus ſecunda*, §. §. *VIII. & IX.*) Prope æquatorem igitur eius, in omnibus punctis diſci circularis *aq*, maior dabitur vis centrifuga particularum, quam illarum, quæ propius ad polos rotationis P & *p* accedunt; (P.I, 199.) vnde patet, cur ſupra æquatorem ſolis tam extenſa ſit hæc atmoſphæra.

277.

Iam vero porro atmoſphæra Solis vtplurimum extenditur ad ipſam terræ orbitam.
Fig. 101. Sit enim ſol cum atmoſphæra ſua in S, terra in

in puncto quodam orbitæ ſuæ T, & extendatur atmoſphæra ad V vſque; cadat linea recta ex terra per ſolem ducta in fixam A, & ex eadem ducta in extremitatem atmoſphæræ in fixam B, atque erit angulus ASB, elongatio maxima puncti ſupremi atmoſphæræ V, datus ex obſeruatione. (274.) Inueniemus ergo diſtantiam ipſius V a ſole S eodem modo, quo inuenimus diſtantiam planetæ inferioris a ſole per elongationem maximam eius; nam in triangulo VTS, rectangulo ad V, eſt ang. BSA = ang. VTS, ob immenſam fere diſtantiam fixarum, quare habebitur analogia hæc, ſin. tot.: TS = ſin. VTS : VS = $\frac{\text{ſin. VTS}}{\text{ſin. tot.}}$. TS; ex quo ſtatim patet, poſito VTS = recto, qualis ſæpiſſime eſſe ſolet per obſeruationes, (274.) eſſe VS = TS, adeoque extremum atmoſphæræ ſolis pertingere ad ipſam terræ orbitam vsque; quod multo magis accidere debet, ſi angulus ABS ſit recto maior, quo caſu tota noſtra atmoſphæra inundata eſſe debet atmoſphæra ſolis, ob raritatem ſuam, non quidem ſub forma propria, ſed ſub aliena, nobis tum viſibili, quæ varios effectus, & conſideranda phænomena, circa nos efficere valet. Cum autem ſemel cadere cœpit particula aëris ſolaris verſus noſtrum aërem, ad hunc motu rapidiſſimo non ita diu poſt pertingit,

tingit, fertur enim in vacuo infinities fere perfectiori, quam est *Guerikianum*. (P. I, 135.)

278.

Vt vero distinctius cognoscamus omnia, quae de atmosphaera solis dicta hucusque sunt, consideremus in quolibet Globo coelesti artificiali meridianum loci alicuius H Z R N, in quo Z & N Zenith ac Nadir; P, R, poli aequatoris A Q, H R Horizon, C V circulus crepusculorum 18° infra priorem depressus, ♑ ♋ Ecliptica. Versetur iam sol in ♓, & sit aequinoctium vernale ♈ in ipso horizonte occiduo, erit iam sole in C V posito crepusculum vespertinum finitum; atmosphaera igitur solis, extensa fere ad ductum Eclipticae, apparebit sub horizontem eleuata in trianguli oblongi forma B D C vsque ad pleiades, aut hyades, sub angulo D B R valde ad rectum accedente, nempe apud nos sub angulo 65°, vnde etiam optime eadem cernitur circa hoc tempus, prope aequinoctium vernum nempe, post solis occasum, mensibus nempe Februario, Martio, & Aprili; dimidiatae autem huius atmosphaerae partis D E F portio illa B E F C, quae est infra horizontem demersa, & soli propior, visibilis non erit. Altero mane, in horizonte ortiuo, supra hunc ascendet dimidium inferius E ♑ F, sed sub situ D B R ad horizontem valde obliquo, prouti Globus optime ostendit,

Fig. 102.

dit, nempe tantum 18°, vt, nisi aër sit defæcatissimus, nihil eius sub aspectum oculorum cadere possit. Atque hac ratione omnia atmosphæræ solaris allegata phænomena commode & ad oculum demonstrari possunt.

279.

Quodsi vero omnia cœli astra mutationibus obnoxia sunt: eædem manifestæ maxime etiam erunt in hac atmosphæra, aut luce Zodiacali, materia scilicet tam tenui, sed tantum quoque extensa. Anno igitur adhuc 1681 nihil eiusmodi vidit *Cassinus*, mensibus ad hunc aspectum idoneis, cum sæpius tamen illa cœli loca, in quibus apparere debuisset, cometæ quærendi caussa, peruestigaret. Circa annum 1672 Parisienses Astronomi aliquot, Regis iussu, missi fuerunt in Indias orientales, & occidentales, atque etiam in Zonam torridam, sed nec hi quicquam atmosphæræ huius detexerunt, quamvis hæc maxime apta sit aspiciendæ huic luci, ob rectum Eclipticæ ascensum & descensum in horizonte per totum fere annum, breuitatem crepusculorum, & serenitatem cœli. Censendum itaque est, nihil visibile huius materiæ in cœlis extitisse vsque ad annum 1683, quo primus eam detexit *Cassinus*; vidit deinde anno 1684 *Noël* in China tanta frequentia, vt eam nominaret *Crepusculum secundum*; visa porro deinde est in

regno

regno Siam annis 1687 & 1690, & Norimbergæ anno 1694 ab *Eimmarto*. Elongationem eius a ſole auctam fuiſſe 33 gradibus in 37 menſibus auctor eſt *Caſſinus*.

280.

Aurora tandem *borealis*, quam mox ab eadem ſolis atmoſphæra deriuabimus, commode ab Auctoribus diſpeſcitur in *Placidam* & *Coruſcantem*; prior in terris borealibus crebrior eſt & ſæpius quotidiana, ſub forma arcus circa 40° alti ſeptentriones occupat, aut accurate, aut cum parua declinatione; virgas lucidas verticem verſus mittit, & luce quieta ſplendet; hæc autem rarior, cœlum verſus omnes plagas obſidet, in partes diſſipata eſt, quibus breuiſſimæ, aut nullæ, adhærent virgæ, ſplendor eius vndulare aut trepidare putatur. Vtraque dicitur alias etiam *Ignis borealis*, *Chaſma*, *Hiatus*, *Fouea*, ſpeciem exhibens aperientis ſe & dehiſcentis cœli, *Syrmata*, & *Coruſcationes boreales*. Veteribus iam deſcriptum meteorum eſt, videlicet *Plinio*, *Nat. Hiſt. lib. II*, *cap. 265*; *Ariſtoteli Meteorologic. lib. 1*, *cap. 4*; *Senecæ*, *Quæſt. nat. lib. I. cap. 15*. *Ariſtoteles* certe lucem hanc verticaliter ludentem comparat cum flamma ab accenſis ſtipulis orta; flammas tremulas vocat capras ſaltantes; ſpeciem arcuatam chaſma nominat, interius ſpatium, quod nigrum plerumque eſt, voraginem; virgæ noſtræ

illi

illi ſunt trabes, quas ex chaſmate aſcendere dicit. Plerumque autem cum apparebat, dicebatur veteribus *cœlum ardere*, putabaturque *igneas acies in cœlo dimicare*; vid. *Paullus Diaconus*, *lib. XVIII*, & innumeri fere alii. Nomen auroræ borealis accepiſſe dicitur a *Gaſſendo*, quamuis contrarium facile oſtendi poſſit, vid. *Illuſtr. de Mairan*, *l. c. pag. 96*. Plura phænomena non accumulabo, ſed in explicatione quædam adiiciam, peti autem poſſunt ex *Commentar. Acad. Scient. Petropolit. Tomo I*, *pag. 352*; & *IV*, *pag. 121*; & *IX*, *pag. 316*; ex *Celeberr. Muſſchenbrœkio*, *Inſtitut. Phyſ. pag. 690*; ex *Illuſtris de Mairan Traité de l'aurore boreale*, cuius fundatiſſimam & elegantiſſimam explicationem hic penitus ſequar, & in compendium redigam.

281.

Auroram igitur borealem in atmoſphæra noſtra contineri abunde probat ipſius motus diurnus, quem cum terra, huiusque atmoſphæra, habet communem, vt adeo nobiſcum relatiue quieſcat, (I, 65.) etiamſi ad ſummam aëris regionem ſit eleuata. Quamvis enim a qualibet auroræ borealis facula, aut nubecula ardente, tutum iudicium de ipſius parallaxi, & diſtantia a terra, formari nequeat, quia confundi inter ſe poſſunt illæ, nec vna eademque pro ſcopo eligi: factum tamen eſt in tanta huius meteori frequen-

quentia, iam inde ab anno 1716; vt idem præcise eius aliquod punctum in locis remotissimis fuerit obseruatum, atque ita determinatum, vt quam tutissime ipsius parallaxis fuerit definita; quo ipso satisfactum esse pures desiderio virorum perspicacissimorum *Perillustris L. B. de Wolff*, in *Physica vernacula p. m. 475, edit. 1723;* asserentis, illud auroræ borealis, quod in diuersis locis videatur, non esse idem punctum, sed eiusdem tantum generis; & *Celeberr. Musschenbrœkii, Institut. Phys. §. 1638*, statuentis, certum non esse, idem esse lumen, & vnius loci, quod per vniuersam Europam fulsit; vid. ad hoc dubium responsio *Illustr. de Mairan*, *pag. 54.* Euitatur enim aptissime hic error, si in duobus locis remotis attendatur non ad vagam & incertam aliquam faculam, sed ad summitatem arcus supra horizontem conspicui, vtrinque aut exacte versus boream, aut sub eadem declinatione ab hoc, visi; vel si ex communicatis circumstantiis, in diuersis locis animaduersis, ex fixarum situ, iudicari possit, in vtroque eiusdem nubeculæ ardentis captas fuisse obseruationes. Talis fuit lux borealis illa, anno 1726 Octobris 19, quæ & Petropoli & Lisbonæ visa fuit, de cuius vtriusque loci situ Geographico bene constat. Sin igitur statuatur in vtroque visam esse auroram borealem in ipso horizonte, tum prodit altitudo eius a terra 35 mill.

Germ.

Germ. sed haec suppositio plane falsa est, ad minimum quippe Petropoli mihi & aliis visa fuit altitudo eius supra horizontem 40°, ex quo deducitur distantia eius a terra 120 mill. Ex aliis obseruationibus eiusdem aurorae, factis Parisiis & Romae in summitate arcus, deducitur distantia materiae borealis a terra 160 mill. Talis etiam fuit in luce boreali 1730, Febr. 15, trabecula quaedam, lucida & colorata, quae eadem obseruata simul fuit Geneuae a Clariss. *Cramero*, & in Monte Pessulano ab amico, quae dedit distantiam huius trabeculae 96 mill. Germ. Cum ergo certum sit, lucis borealis materiam versari in atmosphaera nostra: euidens est, huic multo maiorem tribuendam esse distantiam a terra, quam quae communiter traditur, nempe ad summum 12 mill. Germ. & patet altitudinem eius ascendere forsan ad 200. mill. Germ.

282.

Hinc itaque iam cadunt omnia illa argumenta quaecunque, quibus auroram borealem a vaporibus aut exhalationibus terrae nostrae deriuare hucusque fuimus conati. *Primo* enim, materiae crepuscularis altitudo est circa 12 milliar. quae vix tantillum aliquid luminis ad nos deuibrat, ex cuius nempe obseruationibus & durationibus didicimus hucusque tantam esse atmosphaerae ex-

 timae

timæ nostræ a nobis distantiam; qua ergò veri specie materia lucis borealis, 13 vicibus magis remota, & tam ingenti raritate in hac altitudine prædita, tantam lucem in terrá efficere posset, vt scriptura eius ope legi queat, si a materia terrestri prouenirer. *Secundo*, meteora omnia ab exhalationibus terrestribus profecta, in regione aliqua integra, limitibus suis, sæpius arctis, continentur, ex. gr. vnius decennii; ignes boreales vero sæpe per 60 aut 100 annos plane non apparent, aut paucissimæ obseruantur; mox autem in alio seculo fiunt frequentissimæ. Idem aliquod principium possetne esse tam vniforme in vno, & tam difforme in altero, casu? *Tertio*, ab exhalationibus terræ nulla ratio reddi potest, cur ignis borealis semper spectetur ad boream; materia enim a ventis deberet dissipari, & modo in hac modo in alia plaga deflagrare & collucescere. Terræ enim polares non tenent plus materiæ inflammabilis quam nostræ, in quibus tonitrua, terræ motus, eruptiones montium ardentium, omnesque ignes aërei, multo frequentius apparent quam ibi. Certum quidem videtur, bolides valde a terra distantes, nempe 3, 6, 8, aut 25 milliar. (269.) oriri nihilominus ab exhalationibus terræ, vnde idem ab aurora quoque boreali, quamuis multum eleuatiore, effici posse videtur. Sed, vti altitudo bolidis 25 mill. valde incerta est,

&

& multo iure reiicienda, aut postponenda altitudini alteri, ab Astronomis Bononiensibus repertæ, 1 circiter mill. ita reliquæ altitudines ex. gr. 8. mill. nimis adhuc superantur ab altitudine auroræ borealis 160 mill. deinde nubium distantia a terra maior non est, quam circa ½ mill. vid. *Tacquet, Geom. Practicæ lib. I, cap. 5, probl. 15*; neque irides, halones, parhelii, quæ plurimum affinitatis cum luce boreali habere videntur, altius ascendunt; hæc igitur materia vt ad 160 mill. ascendere posset, ingentem deberet acquirere tenuitatem, ex qua nullum amplius splendorem sensibilem demittere ad nos posset; vt taceamus, nondum euictum plane esse quod bolides ab exhalationibus terræ generentur. (269.)

283.

Nec porro glacies, & niues, terrarum & marium borealium possunt esse caussa ignis borealis, quamuis commode explicarent situm eius septentrionalem. Nam *primo*, ignis borealis ita esset merum crepusculum ordinarium & consuetum vespertinum ac matutinum a sole reflexum, quod longe aliter se habet in igne boreali, qui per semisecula sæpius non apparet; cum in ipsis etiam terris maxime borealibus Islandia, Grœnlandia, Spizbergen, nulli peregrinatores eius meminerant circa 1670. *Secundo*, stratum

aëreum radios solis ab hac glacie acceptos reflectens Parisios vsque in solstitio hiberno deberet esse eleuatum ad 180 mill. Germ. sed quomodo deinde hi radii effectum sensibilem lucis edere possent in tanta longinquitate, quem nec edunt in crepusculorum distantia 12 mill? vnde haec reflexio multo minus fieri poterit in nubibus. *Tertio*, altitudo arcus in aurora boreali deberet crescere & decrescere cum declinatione solis; deberet is esse valde eleuatus supra horizontem in aestate, & valde humilis in hieme. *Quarto*, conspiciuntur ignes boreales magnifici aliquando tempore aestiuo, veluti 1730, Iunii 21, quo tempore niues boreales non sunt adeo copiosae. *Quinto*, pars infima lucis borealis deberet esse magis splendescens, ob reflexionem viuaciorem in nubibus inferioribus, cuius vero plane contrarium apparet.

284.

Halleius, & alii post ipsum, tentarunt deriuare auroram borealem a materia magnetica; cui sententiae fauet, quod illa plerumque etiam a Borea decliner, & frequentissime quidem ad Occidentem, vti acus magnetica apud nos. Vid. *Mem. de l' Acad. de Paris 1730 pag. 147.* At *primo*, haec declinatio non semper adest, sed aliquando tantum; vid. *Commentarii Acad. Petropol. Tomo IV, pag. 124.* *Secundo*, dubium est, an materia magnetica

gnetica in rerum natura existat. (P. I, 256.) *Tertio* hæc materia ad minimum est inuisibilis, quomodo ergo lucem nobis reflectere, & nos versus emittere posset in tanta distantia? *Quarto* neque sperandum est vt ea impraegnetur exhalationibus terræ, quoniam omnia corpora, nullo excepto, velocissime penetrat.

285.

Remotis igitur omnibus illis caussis, quæ in explicatione lucis borealis maximam hucvsque probabilitatem nactæ sunt, superest vt cum *Ill. Mairano* breuiter ostendamus, qua ratione omnia eius phænomena ab atmosphæra solis quam facillime consequantur. Quamuis igitur aurora borealis sæpius diffundatur per integrum cœlum: incipit ea tamen aut desinit semper in plaga boreali, vnde etiam nomen suum ante *Gassendum* consecuta est. (280.) Ex hisce autem principiis eadem quoque spectari potest apud polum australem, vnde sine dubio pariter existent auroræ australes, licet hucusque ob defectum spectatorum non obseruatæ. Cur igitur auroræ boreales hanc sibi semper eligant sedem, in caussa sunt, aër septentrionalis crassior, qui ex sensibili refractionis Astronomicæ (177.) augmento se prodit, atque aptior est ferendis particulis atmosphæræ solaris; tum vero potissimum motus diurnus terræ

vna cum toto aëre ſuo. Atmoſphæra igitur ſolis aduentans ad noſtram (277.) depellitur continuo ab huius motu circulari, atque exinde orta vi centrifuga, alterutrum vel vtrumque polum verſus, quoniam ſcilicet maior vis centrifuga particularum aëris noſtri eſt, quo propius ad æquatorem accedimus, & minor, quo magis ab eo diſcedimus verſus polos; (P. I, 199.) aër ſolaris autem a reliquo corpore ſuo abreptus, nullam tenet talem vim, quia deſiit agitari motu circulari. Subducit igitur ſe celeritate ſua maiore aër noſter penetrationi abſoluendæ ab aëre ſolis, adeoque hunc diffundit ac diſſipat ad loca vis centrifugæ minoris vtrinque, hoc eſt, ad iſta, quæ proxime polis adiacent, vnde fit vt aër ſolaris tandem ad polum colligatur. Sed occurrendum hic eſt graui alicui dubio; ſi aër ſupra æquatorem maiori quoque præditus eſt tenuitate, vtpote altior & magis extenſus, poterit ex hac ſola cauſſa aëri ſolari ingreſſum concedere. Verum enim eſt, aërem ſupra æquatorem eſſe tenuiorem, Pariſienſi ex. gr. parte $\frac{1}{289}$ huius, vid. *Ill. de Mairan pag. 98;* at vero ſi in menſuram etiam inquiramus primæ cauſſæ, ſunt certe vires centrifugæ aëris noſtri in diuerſis latitudinibus vti harum coſinus; (P. I, 199.) adeoque ſub æquatore & Pariſiis vti 100 ad 66. Erit igitur Pariſiis accedendo ad æquatorem incrementum vis

cen-

centrifugæ ad augmentum tenuitatis in aëre vti $\frac{34}{100}$ ad $\frac{1}{289}$ = 9826 : 100 = 98 : 1; vnde manifestum est, augmentum tenuitatis nullius fere momenti esse in respectu ad vim centrifugam, & consequenter hanc maxime præualere.

286.

Declinat autem interdum a vera boreali plaga summitas arcus auroræ borealis, cum primo apparet, gradibus 10 ad 20, vtplurimum occidentem versus, rarissime autem ad orientem; neque noua est hæc declinatio, aut nostris demum temporibus visa, aut huic vel alteri climati propria, sed generalis ratione temporis atque loci. Cum enim aëris solaris portio diu apud polos hospitatur, seseque ad motum aëris nostri diurnum accommodauit perfecte successu temporis; tum circulum perfectum circa polum terrestrem describit, atque sic inflammatione tandem incensa nihil a borea declinat. Si vero nondum diu versata fuerit in nostro aëre, neque adeo motum circularem aëris nostri assumserit: tum citius iusto accensa a polo declinabit, & frequentissime quidem occidentem versus, quia occidentalis atmosphæræ nostræ pars vltima est omnium reliquarum, quæ atmosphæræ solari occurrit, quæque idcirco recentissime aëre solari est impraegnata, cum in reliquis partibus in-

tereà potuerit aliquantum dissipari temporis mora interiecta. Integer itaque hic aëris solaris recentis aceruus, mixtus cum nostro aëre in regione suprema, accumulatus versus occidentem, & calefactus coctusque a radiis solaribus, frequentissime ante accenditur quam potuerit motui terræ diurno obsequi penitus, & hinc sæpissime occidentem versus declinat.

287.

At vero reliquorum phænomenorum in aurora boreali conspicuorum expositionem præterire me cogunt instituti nostri limites, simili perspicuitate deductam, continuisque obseruationibus innexam. Indicio igitur solo tangam adhuc segmentum obscurum aliquando horizonti insistens; arcu vno, aut aliquot, cinctum lucido; columnas & radios, aut iactus lucidos, cum scissuris in arcu exinde ortis; vibrationes lucis & vndulationes, cum apparente fumo aliquando; tranquillitatem & silentium omnium harum aurorarum, strepitum enim aut susurrum ex tanta distantia inde apud nos exaudiri posse vetat etiam aëris, qui soni vehiculum est, ibi summa raritas, omni vacuo Guerikiano præferenda; concursum radiorum in Zenith, aut *coronam auroræ* dictam; pelluciditatem materiæ, & colores subinde exorientes; & reliqua, quæ omnia ex fonte indicato quam optime & cum summa voluptate poterunt hauriri.

CAPVT

CAPVT VI.

DE MOTV AERIS, SONO AC VENTO.

288.

Motus aëris duplex ordinarie esse solet, vnus tremulus, cum in parua quadam eius copia vibrationes vel oscillationes exoriuntur, sese mutuo insequentes, sine insigni locorum mutatione, qui vocatur *Sonus*; cuius scientia absoluit *Acusticam*, quam primus sub hoc titulo, disciplina peculiari, tractare coepit *L. C. Sturmius*; alter, quo ingens aliquod volumen aëreum adipiscitur motum progressiuum solum, successiuum, cum celeritate, vbi fit vndatio tantum aliqua, non autem repercussa vibratio, qui motus dici solet *Ventus*, & propterea recte ab antiquis describitur aëris vnda fluens, fluxus, effusio, flumen. De illo igitur priori, de hoc autem posteriori, loco agemus. Perbreuis quidem in hoc negorio fuit veterum Philosophia, veluti quidam eorum cum *Epicuro* sonum fluminis instar ex corporibus sonoris pulsatis emanare statuerunt; alii cum *Aristotele* naturam soni posuerunt in fractione & ruptione aëris, exorta ex vehementi corporum collisione, mallei ex. gr. & campanae, quorum celeri conflictu aër interceptus disrumpatur. Inter recentiores primi fue-

runt *Cartesius*, & *Fabry*, qui ſonum conſiſtere in motu aëris tremulo & ſubſultorio ſuſpicati potius ſunt, quam diſtincte explicuerunt. Aliquam cum hoc motu aëris vibratorio analogiam tenent vndulæ illæ circulares, ab iniecto lapillo exortæ in ſuperficie aquæ placide ſtagnantis; ſed in multis ab eo diſſident, vti poſtmodum explicandum erit, quamuis hæc vndulatio viſa fuerit *Gaſſendo* olim totam ſoni theoriam exhaurire, atque in ſcenam producta iam a *Vitruuio*, cuius videatur *de Architect. liber V*, *cap*. 3, vna cum notis ab eruditiſſimo commentatore *Perralto* adiectis.

289.

Quicquid igitur aëri inducere valet motum vibratorium, illud omne etiam excitare poteſt ſonum. Generaliter ergo omnes illæ cauſſæ, quæ aut aërem ſubito comprimunt, ita tamen vt libere relaxare ſe poſſit, aut vero eundem fortiter iam ante compreſſum ſubito dimittunt: ad ſonum producendum ſunt idoneæ. In vtroque enim caſu aër cum aëre colliditur, quod cum tanta celeritate fiat, vt aër percuſſus ictum tam ſubito effugere, aut illi ſe ſubducere, nequeat, ſed illi obſtaculum momentaneum opponat: fit neceſſario, vt in hoc condenſetur, quantum poteſt, deinde autem ſe hic iterum ſubito dilatet, vi ſuæ elaſticitatis, & in nouo loco

ad

ad aliquam diſtantiam, denuo accumuletur ex priori cauſſa, atque ſic porro, de loco in locum, donec euaneſcat ob materiarum interiectarum reſiſtentiam; ex quo igitur globuli aërei nanciſcuntur contractiones atque expanſiones finito tempore a ſe inuicem ſeparatas; hinc ergo motus vibratorius exiſtit, & conſequenter ſonus exoritur. Hoc quidem optime intelligi poteſt ex chorda metallica tenſa, plectro concitata, quæ ſonum ita edit, & cuius motus vibratorius celerrimus oculis nudis quoque perſpici poteſt. Hæc enim dum has vibrationes peragit, aëris globulos ferit magna cum præcipitatione, & quaſi in inſtanti, qui autem cum in inſtanti cedere nequeant: (P. I, 78.) comprimuntur, & relaxati continuato motu vibratorio nouas patiuntur compreſſiones, vnde ſonus oritur, & aër tremulus toties ad aurem alliditur, quoties chorda redierit. Ita etiam, qui manu ſola campanam ſonantem attingit; totam contremiſcentem ſentit; quæ, vti chorda tenſa, & vibrata, cis & vltra ſitum ſuæ quietis ex impetu concepto rapidiſſime excurrit, ita ſimiliter ex figura circulari ellipticam aſſumit ab ictu facto, & hanc ſubito mutat in tranſuerſam, deinde iterum in priorem, donec tandem penduli inſtar conquieſcat. Abunde hinc patet, ſi quod corpus vibrationibus ſuis debeat producere ſonum: illud debere eſſe elaſticum,

eum, ex quo malleus ligneus sonum etiam semper excitat minus clarum quam ferreus in eadem campana. Ex quibus iam melius intelligimus, quid ad naturam soni requiratur, quam ex *Schotto*, *Magiæ Phonolog. P. II, lib. 1,* dicente, sonus est qualitas, orta ex corporum se collidentium virtute sonatiua.

290.

Ex hac generali caussa deriuantur tres sonorum excitandorum modi præcipui. *Primus*, cum corpus solidum, elasticum, contremiscens, aëri celerrimos tremores reciprocatos inducit, quales soni oriuntur ex chordis tensis & vellicatis, ex campanis, tympanis, instrumentis illis Musicis, quæ lingula, siue lamina elastica, sunt instructa, quorsum etiam referri debet vox omnis animalis. *Secundus*, cum aër ante, aut modo iam, compressus subito se restituendi spatium acquirit, quod fit in puluere nitrato, fulminante, auro fulminante, in bombardis, in tonitrubus, in sibilis ventorum celeriter ad corpora dura allisorum, in virgis creberrime per aërem agitatis. *Tertius*, si aër subito comprimatur ac dilatetur in tibiis, aut aliis instrumentis Musicis, quæ inflata tinniunt. De quibus paullo post vlterius erit dicendum. (295.)

291.

Assumsimus vero hucusque sonum in aëre gigni

gigni & consistere, huncque eius quasi vehiculum esse, quo a fonte, corpore nimirum sonoro, quaquauersus circumferatur; nec enim res aliter se habere potest, cum nihil nisi aër circa aures nostras adsit, quod in his mutationem efficere possit. Deinde idem quoque demonstratur experimento manifesto. Campanula enim in fulcimento aliquo suspensa supponatur recipienti vitreo, aërque probe exhauriatur, obseruabitur: motam in vacuo hanc campanulam nullum edere sonum, eandem vero, simulac aër denuo admittatur, sonare. Absente igitur aëre nihil adest amplius, quod sonum ad aures deuehat. In praesenti autem experimento bene attendendum est, ne tremor campanulae per partes solidas, e quibus suspensa est, propagetur, quod facile fit, nisi suspendatur ex filis lineis, & fulcimentum imponatur puluillo molli, vt tremores exorti languescant & extinguantur, nec extra spatium recipienti inclusum proserpant. Patet vero simul etiam, sonum transire posse per vitrum; eundemque augeri in densitate aëris maiori. Illud sine dubio fit exinde, non quia aër per vitrum transit, quod facere nequit, (P. I, 382.) sed quia in appulsu suo ad vitrum, tanquam corpus elasticum, similes huic tremores conciliat, qui deinde ad contiguum aërem denuo, sed debilius, priori similitudine propagantur; contra ac putauit

Kirche-

Kircherus, *Musurgiæ lib. I*, dicens, si quis intra vas vitreum hermetice clausum consisteret, eum sonos foris excitatos minime percepturum, ob vitri soliditatem inter omnia corpora maximam.

292.

Chorda siue metallica, siue ex intestinis animalium contorta, pondere in alterutro sui extremo probe tensa, plectro leniter vellicetur, atque obseruabitur, hanc primo sonum distinctum edere; secundo deinde eam durante hoc sono situm suum, recta extensum, mutare atque itus reditusque, ad interuallum sensibile excurrentes, absoluere, donec cessante hoc motu sonus tandem extinguatur. Idem tremor corporum sonantium solidorum in aliis quoque oculis cerni potest experimentis. Nempe si globus cuiuscunque materiæ, pisum etiam, libere e filo suspensus campanulam metallicam contingat ex vna parte, ex opposita vero pulsetur campanula eadem, resiliet ab hac globulus iterato. Docet porro vulgaris experientia, ab exploso tormento bellico, aut alio vehementi sono edito, fenestras, immo aedes ipsas, contremiscere; neque minus globus aliquis impositus incudi malleo percussæ resilit exorto sono. Iam vero in Mechanica subliminori docetur, in chorda tali longitudinem habente = *a* scrup. pedis Rhen.

pon-

pondus propium = q, pondus, quo tenditur = p, sumendo scilicet longitudinem, pondusque, non totius chordæ, sed eius solum partis, quæ inter vtrumque magadium tremula redditur, esse numerum vibrationum, quem hæc chorda tempore vnius secundi absoluit = $\frac{355}{113}\sqrt{\frac{3166p}{aq}}$, vbi 113 : 355 est ratio diametri ad peripheriam Circuli, & 3166 scrup. pedis Rhen. denotant longitudinem penduli simplicis, quod singulis secundis oscillat. (P. II, 166.) Cum itaque caperem chordam orichalcicam, in qua a = 2310, $q = 2\frac{1}{10}$ gr. p = 478 gr. hæc percussa nullum sonum edidit, quem vllo modo modo percipere potuissem, quamuis quolibet secundo absolueret 54 vibrationes; manentibus omnibus, excepto pondere appenso p = 4 vnc, aut 1920 gr. agnoui sonum quendam satis distinctum, edente chorda vibrationes 96 in vnico secundo; idem hoc expertus sum cum chorda orichalcica, quæ Nro. 1 signantur, in qua erat a = 2310, $q = 22\frac{3}{10}$ gr. p = 2 ℔ aut 15360 gr. absolvente hac 96 vibrationes in priori tempore; vbi quidem pondera ita sunt intelligenda, vt 1 libra Amstelodamensis habeat 16 vncias; 1 vncia 8 drachmas, & 1 drachma 60 grana.

293.

Concludo exinde, ad sonum producendum sufficere solum motum corporis sonori, totalem,

totalem, minime vero simul etiam requiri tremorem aliquem *partialem*, particularum insensibilium; sed illum esse debere tantae celeritatis, vt ad minimum absoluat in secundo vnico vibrationes 96 aut 100, vnde etiam in clauichordiis infimo C tribuuntur 116 vibrationes pro tono chorali, qui altior est camerali. Corpus tardius vibrans nimis debilem, & pro nullo habendum, producet sonum; quo celerius vibrabitur totaliter, eo magis distinctum excitabit sonum, vnde non perspicio, cuinam vsui esse possit motui totali coniunctus simul motus partium, vti visum fuit *Perralto*, *Carréo*, *De la Hirio*, multisque recentiorum; vid. Celeberr. *Musschenbrœkius*, *Institut. Phys. pag. 606*; *Celeberr. Nolletus*, *Leçons de Physique*, *Tomo III*, *p. 401*; argumenta enim, quae ab allegatis viris solertissimis afferuntur, faciles responsiones admittere videntur. Quod enim, vti *De la Hirius* asserit, *Mem. de Paris 1716*, *pag. 266*, forceps, vel tenacula, metallica digitis compressa, & subito remissa, vibrationes quidem, sed sonum non, edat, id non fit ex defectu motus partium coniuncti cum totali, sed ex defectu sufficientis celeritatis in motu totali, qui in minuto secundo vix decem absoluit vibrationes; cum autem in lenta hac oscillatione crurum alterutrum ferro attingitur, hoc aequiualet ictui nouo inflicto, ex quo pars aliqua sensibilis huius cruris vibra-

brationes adeo celeres acquirit, vt hæ iam ad sonum, vel fremitum aliquem, producendum sint efficaces. Eadem responsio recurrit, cum obiicitur: plectrum, non colophonia exasp... m, sed sebo inunctum, sonos in fid... prouocare. Cum nix supra campanam ceciderit, ea pulsata multo minus sonabit, quia huius motum totalem illa impedit. Si denique chorda longa percussa sonet, plures audiuntur soni ab aure exercitata & acuta, non ex hac ratione, quod partes insensibiles vna mouentur & clangorem proprie producunt, sed quia omnis chorda vehementius aliquoties & oblique percussa primo motum totalem habet ACDB, qui sonum principalem efficit, & Fig. deinde adhuc alium partialem quidem, non 104. autem partium insensibilium, quæ nihil ad sonum conferunt, sed partium sensibilium AEC, CFD, DGB, quæ superiores sonos acutiores leniter principali immiscent; id quod natura curuæ elasticæ in hisce vibrationibus genitæ ex Geometria docet. Vid. *Celeberr. Eulerus, Tentam. noue Theor. Musicæ, pag. 23.*

294.

Prospectum itaque soni iam est origini, quærendæ in motu vibratorio corporis elastici totali, non partiali, particularum quippe insensibilium, quas *Celeberr. Nollet* ex-

presse requirit *l. c. pag.* 401, cuius numerus vibrationum in 1'' ad 100 circiter ascendit. Prospectum est eiusdem propagationi, ratione *loci*, vt sonus nempe proficiscatur ex vno loco in alium, quod fit per elasticitatem aëris; & propagationi etiam respectu *temporis*, quae oritur a repetitione, renouatione, & inculcatione frequentissima corporis sonori ad instar penduli oscillantis, alias enim sonus non duraret nisi per oculi vnicum momentum. Propagari autem sonus solet non per solum aërem, sed transfertur is quoque per aliarum fibrarum metallicarum, lignearum, motum tremulum a sono exortum, quod supra patuit, (291.) ex praecautione in campanula adhibenda, quae in vacuo pulsatur. Hoc obseruare licet, si tabulae ligneae imponatur vasculum mercurio puro plenum, haudque procul ab hoc locetur campanula fulcimento solido insistens; si enim pulsetur campanula, cernentur in superficie mercuriali oblique inspecta circuli plurimi concentrici moti, qui tremorem ipsius indicant, quem campana pulsata ex tremore suo ipsi communicat mediante tabula, cui insistit vtrumque; si enim campanula supra tabulam eleuata manu teneatur, vt tremores suos cum ligno communicare nequeat, & denuo pulsetur, tum certe nulli tales circuli apparent.

295.

Numerus vibrationum a chorda vibrante editarum in 1'' indicari potest calculi facilis ope. (292.) In campanis vero difficillimum esset ex earum forma & pondere cognitis, qualem sonum daturæ sint, determinare. Attamen, si campanæ fuerint similes, vt fere semper construi solent, & ex eadem materia confectæ, facile apparet, sonos tenere rationem reciprocam subtriplicatam ponderum, ita vt campana octuplo leuior edat sonum eodem tempore duplo plures oscillationes absoluentem, & quæ vices septies fuerit leuior, peragat vibrationes triplo frequentiores. Vid. *Celeberr. Euleri Tentamen nouæ Theoriæ Musicæ*, *pag. 13.*

296.

Tibiarum theoria non adeo cognita est omnibus hucusque, feliciter tamen eruta a *Celeberr. Eulero*, *l. c. pag. 16*, cuius præcipua commemorabimus. Qui ad primum modum hoc sonorum genus referunt, (290.) atque putant ipsam fistulam motum vibratorium celerrimum induere: hi non explicabunt illud experimentum, quo certum est, tibias cylindricas longitudine æquales eosdem etiam edere sonos, quomodocunque amplitudine, crassitie, atque ipsa materia, inter se differant; pondera enim corporum vibratorum quammaxime in calculum numeri

oſcillationum influunt, vti vidimus. (292.) Qui internam tantum tibiæ ſuperficiem tremulam reddi arbitrantur, in idem incommodum incidunt. Cauſſa igitur horum ſonorum ita comparata eſſe debet, vt a ſola tibiarum longitudine dependeat.

297.

Ex ſtructura tibiarum attendenti ſtatim patebit, aëre in illas ingrediente comprehenſum in his aërem ſecundum longitudinem, in tranſuerſum ad latus tibiæ inferius, comprimi, qui cum ſe rurſus expandat, & nimis quidem, ob impetum acceptum, comprimetur rurſus a pondere atmoſphærico, vt ita motus tremulus in tubo producatur, qui cauſſa ſoni proxima eſt. Aëris enim periſtomio inflati, ac adaciem proxime in apertura ſuperiori factam irruentis, lamella tenuis aliqua inter latus tubi & aërem contentum irrepit, atque ſic hanc lateraliter ſecundum totam ſuam longitudinem comprimit. Chordæ enim ordinariæ vnico loco pulſatæ ſonum edunt; chorda autem talis aërea pulſu ad vnicum locum facto, ob interruptas partes, contremiſcere nequit ſimul per integram longitudinem, ſed ab integra lamella irrepente debet ſimul comprimi. Vnde etiam interna tubi ſuperficies dura læuiſque eſſe debet, ne aëri irrepenti cedere, nec illi in tubo contento locum ſe expandendi dare, poſſit, nec motus repens aëreæ lamellæ impediatur.

298.

Perficit ergo aër in fistulæ tubo eodem modo oscillationes suas in transuersum, ac chorda tensa; atque positis tibiæ longitudine a scrup. ped. Rhen. amplitudine $= b^2$, densitate aëris ad densitatem mercurii $m : n$, & altitudine mercurii in Barometro $= k$ scrup. Rhen. dabitur in tibia chorda aërea, aut fasciculus quidam earundem, longitudinis a, & ponderis proprii mab^2; (P. II, 95.) quæ chorda aërea tenditur a pondere, quod æquale est pressioni atmosphæræ, hæc autem æquipollet cylindro mercurii, cuius basis est b^2, eadem cum amplitudine tibiæ, altitudo k, quocirca pondus tendens erit nkb^2, ex quibus substitutis in formula superiori (292.) oritur numerus vibrationum chordæ talis aëreæ in 1'' absoluendarum $= \frac{355}{113}\sqrt{\frac{3166nkb^2}{a.mab^2}}$ $= \frac{355}{113a}\sqrt{\frac{3166nk}{m}}$. Constat autem ex obseruationibus Meteorologicis, in maximo calore naturali esse densitatem aëris ad densitatem mercurii $= m : n = 1 : 12000$; in minimo autem calore naturali $= 1 : 10000$; tum vero etiam maximam apud nos Barometri altitudinem esse 2460 scrup. ped. Rhen; minimam vero 2260 eorundem; Barometro igitur & Thermometro ad maximas altitudines consistentibus erit sonus tibiæ $\frac{960771}{a}$,

atque iisdem instrumentis ad minimas altitudines stantibus, sonus erit $\frac{840714}{a}$, quorum ratio quamproxime est vti 8 : 9, vel integri toni maioris. (305.) Sumamus vero inter hos duos mediocrem $\frac{900000}{a}$, atque tot oscillationes in vnico minuto secundo producet tibia longitudinis *a* in tempestate mediocri. Quae igitur tibia 116 vibrationes edit in 1″, longitudinis esse debet 7, 758 ped. Rhen. ad sonum C producendum, (293.) & talis etiam in praxi assumitur vulgo 8 pedum. Patet ex his etiam ratio, cur tibia initio grauius sonet, quam cum iam probe sit inflata; ipso enim vsu & inhalatione aër, qui tibiae inest, calefit successiue; nec non cur fortius inflatae octauam edant; (293.) & cur in orificio inferiori contectae & clausae sonum octaua grauiorem reddant.

299.

Excitari etiam potest sonus valde acutus & penetrans in calice vitreo pertenui, si in margine huius superiori digitus aqua subinde madefactus leniter circumducatur, & clangor quidem hic ipse ille est, quem calix malleolo percussus per se edit. Vid. *Schwenteri Deliciae Mathem. Physicae*; & *Galilei, Mechanicae Dialog. I, pag. 89.* Si calix hic aqua ipse repleatur, vt eo commodius semper possit digitus humore imbui: tum

crispa-

crispationes in superficie aquæ breuissimæ & celerrimæ prope oram vitri manifestæ fiunt, quales supra in mercurio (294.) indicauimus. Ex quibus omnibus igitur patet, digiti madefacti circumductu nihil aliud effici, quam vt calix tenuis in motum vibratorium cieatur, perinde ac si malleolo percuteretur, vnde hæc soni productio pertinet ad modum primum. (290.) Sunt porro eiusmodi vibrationes tam in chordis, campanis, quam in aliis corporibus elasticis sonantibus, omnes æquabiles & æquidiuturnæ, atque adeo ab initio percussionis ad finem vsque eundem edunt sonum, quoniam æquiualent oscillationibus penduli simplicis, finitis quidem, sed valde exiguis. (P.II, 168.) Initio tamen, si pulsatio fuerit nimis vehemens, & vibrationes iusto ampliores, chordæque detorsio ex situ naturali nimis magna, sonus acutior editur quam postea remittentibus vibrationibus, ex quo fit, vt tum soni minus grati & irregulares audiantur. Vehementia denique ac fortitudo sonorum decrescit in duplicata ratione distantiarum, vti lucis propagatio per spatia perpetuo fit languidior; (85.) in maioribus enim distantiis sonus diffunditur in maius spatium, in dupla nempe distantia spatium circulare, in quo perceptibilis est, fit quadruplo maius, quam in simpla, manente tamen aggregato omnium pulsuum eodem.

300.

Celeritas soni talis est, vt in vnico minuto secundo is diffundatur per $4\sqrt{3166nk}$ scrup. si densitas aëris fuerit ad densitatem mercurii $= 1 : n$, ac altitudo Barometri $= k$ scrup. pedis Rhen. Quodsi ergo vti ante (298.) fuerint $n = 12000$, $k = 2460$; & alia vice $n = 10000$, $k = 2260$, prodeunt ibi 1222 pedes Rhen. hic vero 1069, cuius medium 1145 fere cum obseruationibus *Flamsteedii*, & *Derhami* congruit. Variæ autem obseruationes in hanc rem institutæ diversas quoque prodiderunt soni celeritates, quas in hac tabula perspicere licet. Inuenerunt enim hanc celeritatem, in pedibus singuli suis, tempore vnius minuti secundi,

Academici Florentini —	1185.
Galli celebres — —	1172.
Robervallius — —	560.
Gassendus — — —	1473.
Mersennus — — —	1474. aut 1281.
Flamsteed, Halley, Derham	1142.
Boyleus — — —	1200.
Roberts — — —	1300.
Walker — — —	1338.
Newton — — —	1088.

Vid. *Celeberr. Musschenbroekii Experimenta Academiæ del Cimento, pag. 113.* Nouissime autem Academia scientiarum Parisina hanc soni velocitatem, explosis multis tormentis per

loca

loca circumiacentia & intermedia, noua cura determinauit, ex quibus experimentis omnibus patuit, *primo*, eam esse in 1'', & aëre quieto, 1038 pedum regiorum, hancque eandem manere, si directio venti sit perpendicularis ad rectam, quae iungit locum, in quo tormentum exploditur, & locum, in quo sonus auditur; *secundo*, ventum aduersum retardare sonum, secundum vero accelerare eundem, quantitate pedum illa ipsa, quam ventus in 1'' absoluit; *tertio*, celeritatem non variari in sono magis aut minus forti, tempore sereno aut pluuio, noctu aut interdiu, distantiis paruis aut magnis, diuersa directione tormenti, differenti terrarum interiectarum dispositione, aut diuersa aëris densitate. Vid. *Mem. de Paris 1738*.

301.

Campanula pulsata in mediis aquis sonum, qui audiri possit, edit quidem aliquem, sed diuersum a priori, & maxime debilitatum. Oritur hoc ex ea caussa, quia aqua, & alia fluida similia, elasticitate carent. Optime enim sonus propagatur per corpora elastica, veluti per aërem, qui, quo densior est, aut quo maiorem tenet elasticitatem, eo fortiorem sonum excitat, meliusque promouet. Hinc fides instrumentorum Musicorum confici solent ex orichalco aut chalybe, ex intestinis animalium, siue

 solis,

solis, siue filo argenteo circumuinctis, quas circa annum 1680 inuentas esse memorat *Perrault*, in *notis ad Vitruuii lib. VI*, *cap. 1*. Hinc etiam instrumenta Musica ipsa ex lignis exsiccatis, & probe elasticis, parantur. Ex percusso plumbo nullus oritur sonus, nisi in certo quodam casu, quem detexit *Illustr. De Reaumur* in *Memoires de Paris 1726*, *pag. 244*; neque etiam clangor existit ex aqua in aliud vas effusa. Ex eadem caussa campana metallica sonare desinit, si occultam fissuram teneat, quia nempe inepta est ad edendos tremores aliquamdiu continuatos, parte vtraque fissuræ subinde secum collisa; cui vitio remedium afferri solet hoc, vt fissura tenuis serra reddatur amplior, ex quo deinde fit, vt continuatis vibrationibus partes crenæ desinant secum collidi. Quæ *Celeberr. Nollet* hic disputat contra incompressibilitatem aquæ, nos non tangunt, (P. I, 307 & 308.) & legi possunt in *Leçons de Physique Experimentale*, *Tomo III*, *pag. 415*. De sententia *Illustris De Mairan* in propagatione sonorum per aërem ingeniosa, vid. *Mem. de Paris*, *1737*, & contra eam *Celeberr. Euleri Opuscula*, *varii argumenti*, *p. 202*. De modo calicem vitreum clamando disrumpendi, vid. *Perillustr. L. B. de Wolff*, *Experim. Tomo III*, *pag. 89*.

302.

Praecedentia ſatis docuerunt, ſonum, qui hoc maioris aut minoris grauitatis ſuae reſpectu iam *Tonus* dicitur, *grauiorem* eſſe illum, in quo vibrationes tardius ſe inſequuntur, aut qui in minuto ſecundo pauciores abſoluit oſcillationes; *acutiorem* vero eſſe eum, in quo vibrationes celerius ſe inſequuntur, & qui in vnico min. ſecundo plures efficit oſcillationes. Ita ex. gr. eadem chorda, longitudinis 2310 ſcrup. Rhen. & ponderis proprii $2\frac{8}{10}$ gr. ab appenſo pondere 2 libr. vibrationes minuti ſecundi edidit 272, cum ſono clariſſimo; ab appenſis autem 4 libr. vibrauit 385 ^{es}, clariſſime iterum; ab aucta igitur tenſione redditus fuit eius ſonus acutior; eadem denuo, ſed tenſa tantum 1 libra, grauiorem edidit ſonum, nempe vibrationum tantum 193. Porro vnicus talis ſonus vocatur *ſimplex; compoſitus* vero ſonus eſt, qui conſtat pluribus ſimplicibus, ſimul ſonantibus; de quibus memorabile eſt, horum quoſdam ſimul auditos animum permulcere, eique placere; alios vero ſenſibus quaſi minari & diſplicere. Illud ſi fuerit, talis ſonus compoſitus vocatur *Conſonantia*, hoc autem ſi acciderit, *Diſſonantia*; in quarum ſcientia deinde verſatur *Muſica*.

303.

Vnde autem id oriatur, vt animus in conſonan-

ſonantia acquieſcat, a diſſonantia vero abhorreat, non vnicum fuit omnium ſemper iudicium, neque tamen adeo multiplex. *Pythagoras* igitur meditabundus, num auditui aliquod excogitare poſſet adminiculum firmum, prope fabri ferrarii officinam obambulans audiuit malleos incudem pulſantes, ſonoſque congruos reddentes; agnouit enim in illis concentum diapaſon, diapente, & diateſſaron, alium vero adhuc ſymphoniæ expertem; cumque ipſi primo viſum eſſet, pulſantium vires diuerſitatem ſonorum efficere, officinam ingreſſus mutare malleos iuſſit, ſed manebat ſonorum proprietas; hinc pondera malleorum examinavit, quorum erant quinque, hic autem reiectus eſt, qui cunctis reliquis erat inconſonans; reliquorum deinde pondera inuenit vti 6, 8, 9, & 12 librarum. Vnde domum reuerſus ex eodem paxillo ſuſpendit quatuor chordas æqualiter longas & craſſas, ſed grauatas ponderibus repertis ab infima parte, reperitque, pondera 6 & 12 efficere conſonantiam illa iam ætate dictam diapaſon, aut noſtram octauam; pondera 6 & 9 producere diapente, aut quintam hodiernam; ſed 6 & 8, nec non 9 & 12, procreare diateſſaron, aut quartam. Vid. *Celeberr. Bruckeri Hiſtoria Critica Philoſ. Tomo I, pag.* 1057. *Boëthius* in *Tract. de Muſica, lib. I, cap.* 10. & alii, præſertim *Cenſorinus de die natali, cap.*

10;

16; *Gregorii Astron. Physicæ & Geom. Elementa, Præf.* Exinde igitur Philosophus ille acutissimus rationem consonantiarum, quibus aures delectentur, latere intellexit in proportionibus facile perceptibilibus, quales sunt modo allegatæ, nempe 1 ad 2, 2 ad 3, 3 ad 4, 8 ad 9, &c. etiamsi nondum constitisset ipsi, quo pacto hæ rationes ab auditu percipiantur; atque hinc statuit, illud, quod voluptate nos perfundit in Musica, non positum esse in arbitrio hominum, aut a consuetudine tantum dependere, quæ *Aristoxeni* erat sententia, sensu solo & consuetudine harmoniam diiudicantis, & hac ex caussa Pythagoræos ridentis. Vid. *Bruckerus l. c. pag. 1056.*

304.

Pythagoram igitur nos sequentes chordam aliquam inter duo hypomochlia extendamus pondere quocunque, aut eandem quoque adducamus solo clauo; quale instrumentum appellari solet *Monochordum*; tum hypomochlium interponemus in medio chordæ, ac partem vtramque vellicabimus, audietur sic exactus vnisonus. Postea, longitudine chordæ diuisa in partes æquales tres, ponamus hypomochlium in loco C, vt ita AC sit 2, CD = 1, atque percipietur sic in AC sonus grauior, in CD acutior, ita quidem vt vtraque pars simul mota exhibeat perfectam octavam. Fig. 104.

Fig. 105. vam. Porro secta chorda in partes quinque, sistamus hypomochlium in D, vt partes AD & DF sint longitudinis 3 & 2, atque sic percipiemus quintam. Similiter deprehendemus quartam, tertiam vtramque, & reliquas omnes consonantias atque dissonantias, pro cuiuslibet partis separata longitudine. Quodsi iam inquiramus in numeros vibrationum ab his chordis editarum, patet vtramque portionem AD, DF, eodem pondere esse tensam, adeoque p esse constans; & cum praeterea, ob adhibitam chordam eiusdem vbique crassitiei, pondera propria chordarum partialium sint vti earundem longitudines, hoc est q vti a: erit, si ad solam rationem respiciamus, diuidendo vtrinque per numeros constantes, salua manente ratione, numerus vibrationum vti $\sqrt{\frac{1}{a^2}}$, hoc est vti $\frac{1}{a}$, in ratione longitudinis chordarum inuersa; vt itaque numerus vibrationum 1'' editarum in chorda AC sit ad eundem in chorda CD $= 1 : 2$; in eodem ergo momento, Fig. 104. quo AC absoluit vibrationem vnam, CD absoluit duas; sed audio sic octauam: idcirco natura octauae in hoc consistit, vt cum longior chorda vibratur semel, breuior & acutior vibretur bis, atque hoc semper continuetur, quamdiu vtraque pars sonat; hoc itaque sensu dicitur, octauam exprimi ratione numerorum $1 : 2$, similiter quintam ratione

ne 2 : 3, atque sic porro. Vid. *Galilei Mechanicæ Dialog. I, pag. 94.* Quo sensu *Cicero* dixit, *de Orat. 138,* duæ sunt res, quæ permulceant aures, *sonus* & *numerus*: & *Leibnitio* est Musica exercitium Arithmeticæ occultum, nescientis se numerare, animæ nostræ. *Epist. ad Illustr. Goldbachium.*

305.

Tabula igitur præcipuorum interuallorum Musicorum hæc est, ex egregio Opere *Celeberr. Euleri, Tentamen nouæ Theoriæ Musicæ, pag. 112.*

Nomen Interualli	*Ratio.*
Diaschisma — —	2025 : 2048.
Comma — —	80 : 81.
Diesis, διεσις — —	125 : 128.
Hemitonium minus —	24 : 25.
Limma minus — —	128 : 135.
Hemitonium maius —	15 : 16.
Limma maius — —	25 : 27.
Tonus minor — —	9 : 10.
Tonus maior — —	8 : 9.
Tertia minor, ημιδιτονος,	5 : 6.
Tertia maior, διτονος, ex tono maiore & min.	4 : 5.
Quarta, δια τεσσαρων	3 : 4.
Tritonus, quod interuallum est quasi 3 tonorum, Quarta abundans, aut Quinta deficiens, Quinta falsa,	

con-

continetur rationibus

— — —	18 : 25.	
— — — —	32 : 45.	
— — — —	45 : 64.	
— — — —	25 : 36.	
Quinta, δια πεντε, —	2 : 3.	
Sexta minor } Hexachordum	5 : 8.	
Sexta maior } Hexachordum	3 : 5.	
Septima minor — —	9 : 16.	
— — — —	5 : 9.	
Septima maior —	27 : 50.	
	8 : 15.	
	135 : 256.	
	25 : 48.	
Octaua, δια πασων	1 : 2.	
Vnisonus — — —	1 : 1.	

ex qua patet, consonantias omnium hominum testimonio suauissimas, quae sunt vnisonus, octaua, quinta, quarta, sexta maior, tertia maior, numeris etiam minoribus exprimi, hoc est, ratione facile intelligibili & mensurabili animae proponi; dissonantias autem numeris maioribus, & ratione vix, aut difficulter, aut plane non, comprehensibili, qualis est tritoni 45 : 64, aut septimae maioris 135 : 256, ex quo *Pythagorae* assertum quam maxime extra dubium ponitur. (303.) Tres autem soni, rationem 4, 5, 6, tenentes, quintam nempe, cum interposita tertia maiore, appellari solent *Trias harmonica*, veluti F, A, c; aut C, E, G.

306.

306.

Est autem, vti facile apparet, *Interuallum Musicum* distantia soni grauioris ab acutiore quocunque; ita vt quo maior sit differentia inter illum & hunc, eo maius etiam dicatur interuallum; vel est mensura discriminis inter sonum grauiorem & acutiorem. Omnia interualla octaua minora, vocantur *simplicia*, quae autem octauam excedunt, *composita*. Diesis, comma, & diaschisma, sunt interualla *minima*, quia distantiae eorum vix percipi auditu possunt, adeoque maioribus interuallis addita, aut demta, haec non mutare censentur, sed relinquere eadem; neque actu ipso in Musica occurrere solent, sed hunc in finem solum adhibentur, vt, quoniam merae consonantiae *purae* in octaua integra existere nequeunt, per haec minima interualla, & nihilo fere aequipollentia, ostendi possit, quantum vna vel altera *impura* sui generis vera consonantia deficiat, aut supra eam abundet. Ita ex. gr. B : f habetur vulgariter pro quinta pura, est tamen reuera quinta pura cum diaschismate, adeoque impura & falsa; nam ad quintam puram 2 : 3, addatur diaschisma, 2025 : 2048, orietur ratio composita 2. 2025 : 3. 2048, = 675 : 1024, quam rationem reuera habent duo toni B & f. Sit enim B ad veram quintam z, quam ita designo, quia in Clauichordio non existit, = 2 : 3, atque est z : f =

2025 : 2048; multiplicata hac vtraque proportione erit Bz : zf, aut B : f = 2.2025 : 3.2048. Nouo igitur nomine diaſchiſmatis opus erat ad indicandum, quantum B : f vera quinta ſit altius interuallum; atque ita ſimiliter de reliquis ſtatuendum. Veluti eſt

tertia minor — = 5 : 6
Comma — — = 80 : 81

tertia minor demto
commate — $= \frac{5}{80} : \frac{6}{81}$
$= \frac{1}{16} : \frac{2}{27}$
= 27 : 32

quale interuallum eſt Fs : A. Eſt enim etiam hoc caſu, Fs : z = 5 : 6
z : A = 81 : 80

Fs : A = 5.81 : 6.80 $= \frac{5}{80} : \frac{6}{81}$.

Porro eſt

Sexta maior = — 3 : 5
Dieſis = — — 125 : 128

Sexta maior cum dieſi
= 3.125 : 5.128
= 3. 25 : 128
= 75 : 128

quale interuallum eſt Gs : f. Si quæratur quale interuallum ſit 3 : 8, ſubtrahatur octaua, orietur $\frac{3}{1} : \frac{8}{2} = 3 : 4$, eſt ergo 3 : 8 octaua cum quarta. Si auferatur a quinta 2 : 3, quarta 3 : 4, reſtat $\frac{2}{3} : \frac{3}{4} = 8 : 9$, qui eſt tonus maior, ex qua differentia veteres

teres primum videntur hausisse ideam toni maioris. Vid. *Keplerus*, *Harmonices mundi*, *lib. III. p. m. 3.* Si quintæ addatur quarta, oritur 2. 3 : 3. 4 = 1 : 2, hoc est, octava. Si a diesi auferatur comma, oritur $\frac{125}{80}$: $\frac{128}{81}$ = 10125 : 10240 = 2025 : 2048 diaschisma, quod igitur est differentia inter diesin & comma.

307.

Antiquissimum Musicæ genus, quod a *Mercurio* inuentum dicitur, in octaua non continebat nisi tres sonos, aut, inclusa octava, quatuor, ex quo tale Instrumentum *Tetrachordum* dictum est, nempe F, G, c, f, expressos numeris 8, 9, 12, 16. Variis deinde adhibitis correctionibus viguit diu *genus diatonicum Ptolemæi*, duplex continens tetrachordum, complexum hisce literis & sonis,

F	—	120
G	—	128
A	—	144
H	—	160
c	—	180
d	—	192
e	—	216
f	—	240

ex quo hodierna interualla nomina adhuc retinent sua, nempe octaua, quæ cum primo est sonus octauus, septima, quæ cum primo

 est

est sonus septimus, & pariter quinta, quarta, tertia, & secunda. Illud autem genus, quo hodie vtimur in Clauichordiis, Organis, & similibus instrumentis Musicis perfectis, auctum est variis semitoniis interpositis, & vocatur *Diatonico - Chromaticum*, cuius literae & soni sunt sequentes:

C	—	384
Cs	—	400
D	—	432
Ds	—	450
E	—	480
F	—	512
Fs	—	540
G	—	576
Gs	—	600
A	—	640
B	—	675
H	—	720
c	—	768

ex qua tabula statim dignoscitur, quamnam rationem teneat quisque sonus ad quemlibet alium. In eadem octaua autem auris exercitata distinguere potest sonos ad minimum 43 diuersos, vid. *Mem. de Paris*, 1700.

308.

Superest vt indicemus quoque, quomodo cuiusuis consonantiae *gradus suauitatis* debeat inuestigari. Numerorum minimorum, qui-

quibus consonantia exprimitur, ex. gr. Tritoni illius, qui exprimitur per 32 : 45, quaeratur communis diuiduus minimus, per *Euclidis Elem. VII, prop. 36*, qui est 1440; hic resoluatur in omnes suos diuisores simplices, 2. 2. 2. 2. 2. 3. 3. 5; a quorum summa 21, subtrahatur numerus horum diuisorum vnitate minutus 7; remanet gradus suauitatis, qui in hoc exemplo est XIV. Haec regula per inductionem probatur a *Celeberr. Eulero, l. c. Cap. II.* Inuenitur per eam Gradus suauitatis primus, seu summus, in vnisono. In octaua gradus II; in octaua dupla III; in quinta IV; in quarta V; in octaua quintupla VI; in sexta maiore, & tertia maiore, VII; in sexta minore, tertia minore, & tono maiore, VIII; in septima minore vtraque IX; in tono minore X; &c. Consonantiarum trisonarum, & multisonarum, gradus suauitatis simili modo deprehenditur; veluti triadis harmonicae IX; quintae cum quarta V. Consonantiae numeris 1, 2, 3, 6, expressae suauitatis gradus est IV; vt & consonantiae 1, 2, 3; consonantiae 1, 2, 3, 4, 6, 12, gradus suauitatis est V. Dicitur autem *consonantia completa*, cui nullus sonus addi potest, quin ipsa consonantia ad altiorem gradum sit referenda, veluti 1, 2, 3, 6; *incompleta*, cui sonus aliquis addi adhuc potest, manente eodem suauitatis gradu, veluti 1, 2, 3, cui addi potest adhuc sonus 6.

309.

Quiſnam ſuauitatis gradus inſit in duarum conſonantiarum ſucceſſione, regula eadem cum expoſita habetur, niſi vt prius ſinguli ſoni vtriusque conſonantiæ debitis numeris exprimantur, hoc eſt talibus, qui eundem numerum pro baſi, aut infimo C, ſupponant, horumque minimus communis diuiduus inueſtigetur; ambæ enim conſonantiæ ſucceſſionis tanquam ſimul ſonantes conſiderari debent. Quæritur ex. gr. quem duæ hæ quintæ C, G, & D, A, in ſucceſſione immediata habeant gradum ſuauitatis? ſunt hi quatuor ſoni, pro eadem baſi, aut ad idem infimum C, ex tabula (307.), 384, 432, 576, 640, vel diuiſi per 16, minimi 24, 27, 36, 40, quorum communis eſt diuiduus minimus $2^3 . 3^3 . 5$; vel ita per diuiſores ſimplices ſcriptus, 2. 2. 2. 3. 3. 3. 5, cuius gradus ſuauitatis eſt XIV. Vides igitur, cum quintæ ſingulæ gradum venuſtatis habent IV, eaſdem ſibi mutuo ſuccedentes acquirere gradum XIV, adeoque tritonis æquiparari 18 : 25, aut 32 : 45. Quam veram cauſſam eſſe credo, cur vetent Muſici adhibere vnquam duas quintas immediate ſibi ſuccedentes; quod de octauis etiam intelligendum eſt, quæ ita ex gradu ſuauitatis II deſcendunt ad IX. Minime igitur veram cauſſam huius diſſonantiæ tetigit in *Mem. de Trevoux 1703, m. Octob. pag. 1762,* qui

qui statuit, nimiam hic symmetriam & vniformitatem displicere animæ; propius tamen ad verum accessit *Keplerus*, *Harmonices mundi lib. III, p. m. 84*, dicendo, quintas, aut tertias, non omnes esse eiusdem distantiæ, aut interualli, sed reuera diuersas fere omnes inter se.

310.

Si in Monochordo capiantur chordæ communis tales duæ portiones, quæ sint inter se vti diagonalis quadrati ad latus huius, vel, vti $\sqrt{2} : 1$, erunt vibrationes in minuto secundo editæ in ratione inuersa harum longitudinum, hoc est vti $1 : \sqrt{2} = 1000 : 1414 = 500 : 707$; reuera autem incommensurabiles erunt hi duo soni, eorumque vibrationes nunquam congruent, quia nullam exercent vnionem periodicam; vnde existunt Dissonantiæ essentiales, quales tamen in Musica ordinaria non occurrunt. Vid. *Mem. de Trevoux, 1704, m. Mart. pag. 466.* Accedit vero dicta dissonantia essentialis satis prope ad quartam, vnde huic fortasse duritatis quid adhuc adhæret.

311.

Sectio monochordi vocatur huius diuisio in tales partes inæquales, vt singulæ longitudine sua referant eos numeros, qui in tabula prima aut secunda superiori (307.) pro singulis tonis occurrunt; illa est sectio mo-

nochordi diatonica, hæc autem diatonico-chromatica. Hæc igitur adornatur, si totius chordæ alicuius vibrantis longitudine diuisa in partes æquales 7177, talium tribuantur partium inæqualium primæ 768, secundæ 720, tertiæ 675, atque sic porro, ex quibus hæ tonos singulos duodecim, cum octaua, clangore expriment. Aliam autem multo parabiliorem describit *Sturmius*, *Mathes. Iuuenilis tomo I*, *pag.* 691; si chorda tensa AB diuidatur primo in partes quatuor æquales, in C, E, G, deinde rursum in tres per D, F, habebitur sic monochordum diuisum ad principales consonantias Musicas, adhibitis ponticulis, exhibendas aptissimum. Est enim, si AB diuisa intelligatur in partes 12,

Fig. 206.

CD, FG —	1.	AE, CG, EB -	6.
DE, EF —	2.	AF, DB -	8.
AC, CE, EG, GB	3.	AG, CB -	9.
AD, DF, FB —	4.	AB - - -	12.
CF, DG —	5.		

per quas omnes consonantiæ poterunt repræsentari, exceptis interuallis minimis, hemitoniis, tritonis, & septima maiore. Alias methodos idem hoc perficiendi, & quidem *Galilei* falsam, supponentem octauam = 50363 : 100000; & *Kepleri*, vid. huius *Harmonices mundi lib. III*, *pag.* 48.

312.

Tensæ ſint in monochordo duæ chordæ tenues ad vniſonum reductæ, & propius iuxta ſe poſitæ; alterutra earum vellicata obſeruabitur, alteram quoque, etiamſi plectro intactam, ſonum tamen ſubtilem edere, cum tremore viſibili; adeoque chorda pulſata chordam aliam non pulſatam ſecum in ſonitum trahit, ſi tenſa fuerit ſibi conſone; diſſone vero tenſam immotam relinquit, dicente *Keplero*, *l. c. pag. 14*, qui hoc experimentum *per ſe quidem ſane quammirabile* vocat; vide illud etiam apud *Dechales*, *Mundi Mathem. T. IV*, *pag. 2*. Cum nihil adeſſe videatur primo intuitu, quod alteram chordam moueat: hinc a veteribus hoc exemplum eum in finem allegatur, vt actionem vnius corporis in aliud exiſtere poſſe probent, ſine aliqua intermediante cauſſa, quos effectus *qualitates occultas* vocabant generaliter, hunc autem, & alios ſimiles, ſpeciatim *Sympathiam*; (P. I, 205.) *Ariſtoteli* enim ſonus erat qualitas Metaphyſica quædam, non motus aut vibratio. Ex vera autem ſoni natura phænomenum hoc ita explicatur, vt ex vellicatæ chordæ motu tremulo ſimilis motus aëri circumiacenti communicetur, qui ad chordam quieſcentem vicinam pertingit, & cum hac quoque hunc communicat, facile recipiendum ob æquales vtriuſque longitudines & tenſiones, vt ſic chorda quie-

ſcens aptiſſima & paratiſſima ſit hiſce vibrationibus obtemperandi; nullus enim itus aut reditus vlli priorum contrarius incurrit itui aut reditui huius, vnde chordæ ſilentis motus increſcit eouſque, vt ſonus tandem audiri poſſit.

313.

Multo autem maiorem admirationem affert nobis hoc experimentum, ſi illud inſtituatur ad modum *Wallisii*, *Operum tomo II*, *cap.* 107, *pag.* 466, vti habet *Sauveur*, *Mem. de Paris*, 1701. Chorda nimirum AB diui-
Fig. 107. datur in partes æquales quotlibet, ex. gr. quinque, tum nouus ponticulus ſupponatur in C, vt portio chordæ AC ſit $\frac{1}{5}$, CB autem $\frac{4}{5}$ totius. Vellicata portione AC videbitur CB ſtatim contremiſcere, non autem per integram ſuam longitudinem, ſed per interualla, vt medium inter CD, inter DE, EF & FB, euidenter vibretur, nodi autem huius vndulationis in D, E, F quieſcere pergant; quod ipſum magis conſpicuum fit, ſi tenues chartulæ ſemiplicatæ inſideant nodis ſingulis, & ſingulis etiam mediis, quo facto vibretur AC ſatis modice, ſed repetitis vicibus, obſeruabitur, chartulas has mediis inequitantes deſilire omnes, reliquis, quæ nodis inſident, non turbatis. Communicat igitur omnino AC motum ſuum cum CB, aut potius eum, non obſtante

stante ponticulo apud C, continuat ductu serpentino, quod Curuae elasticae proprium est, vid. *Commentar. Petropol. T. XIII, p. 120; Celeberr. Euleri Musica, pag. 23.* Vnde circumstantiae huius experimenti facile explicantur.

314.

Si quaeratur, ad quamnam distantiam sonus aliquis audiri possit, responderi potest, diuersimode hoc fieri, atque tum dependere ab *intensitate* soni, tum vero etiam ab eiusdem *conseruatione*, vt ne libere possit se dilatare in expansionem sphaericam. Neglecta hac, sola illa perfecit, vt tormentorum bellicorum Florentiae explosorum sonitus audiretur Liburni, atque longius adhuc, ad 55 milliaria Italica, aut $13\frac{3}{4}$ Germanica, per terras montosas, nec fauente vento. Gallis expugnantibus Genuam idem sonitus auditus est Liburni, ad distantiam 90 mill. Ital. vid. *Transact. Angl. N. 113*, siue ad $22\frac{1}{2}$ mill. Germ. Conseruationis vero soni effectum ostendunt tubi & canales longi, quorum parietes sonum versus medium tubi, tanquam ad viam regiam, reflectunt, vt hic, parum intensus, illibatus, immo auctus etiam hac reflexione, ad alterum extremum perferatur; quod etiam testatur *Kircherus Musurgiae lib. IX, cap. 3,* de aquaeductibus Romanis 600 pedes longis, inflexis quoque, qui vocem debilem immissam per totam hanc longitudinem

dinem deducunt. Recensetur in *Iournal des Savans, 1666, pag. 195*, ex *Hieronymi Magii tractatu de tintinnabulis*, ad maiorem distantiam extendi sonum campanae tinnientis in planicie aliqua, quam supra montem positae, atque omnium longissime prouehi clangorem illarum, quae in valle sunt constitutae.

315.

Reflectitur sonus a corpore laeui, elastico & duro, lucis instar, duplicem in modum, *primo*, in locum a corpore sonante diuersum; & *secundo*, redeundo ad eundem, ex quo profectus fuit. Illud fit in conclauibus elliptice fornicatis, ABC, vbi E & D sint duo ellipseos foci, seu puncta acustica, quorum vni E si applicatum fuerit os loquentis, alteri autem D auris audientis, vox in E quantumuis submisse prolata audietur distincte in D, per radios sonoros EG, GD; EB, BD; EF, FD; ex vno puncto egredientes, & per reflexionem in alterum punctum collectos, ex natura ellipseos, ita quidem, vt nemo consistens in alio huius fornicis elliptici loco sonum in E prolatum exaudiat. Secundum accidit, si sonus reflectatur, vt ad locum originis suae regrediatur, ibique denuo distincte a priori edito percipiatur, quae soni reflexio *Echo* vocatur; estque adeo vocis aut soni repercussio aut imago, qualem per septem turres in Cyzico, Bithyniae vrbe, inter

Fig. 108.

inter miracula mundi numerat *Plinius*, *lib. XXXVI, cap. 15*; in porticu Olympiæ septies quoque redditam vocem *Plutarchus* significat, de *garrulit*. Fabulam Echus elegantissimam vide apud *Ouidium*, *Metam. 3. v. 358.* Hinc quicquid repercutere sonum valet ad eum locum vnde venit, caussa Echus est, muri, mœnia vrbium antiqua, tecta ampla regulis strata, ædes integræ, rupes, siluæ densæ foliis obseptæ, saxa anfractuosa, aqua, immo & nubes, sonum reddunt; hinc tonitruum murmura, (266.) & mugitus tormentorum explosorum, fortiores aëre nubilo quam sereno. Si plura quoque fuerint eiusmodi obstacula reflectentia, eo pluries repetita audietur echo, debilior quidem semper, quo ex loco magis dissito aduehitur.

316.

Ponamus distantiam loquentis ab obiecto reflectente = a ped. Parif. cum vero tales pedes 1038 absoluantur æquabiliter a sono tempore 1'', requiret spatium $2a$, per quod nempe sonus abit atque redit, $\frac{a}{519}$ min. sec. potest autem ab exercitato Musico tonus a tono distingui, si posterior priorem non nisi $\frac{1}{9}$ sec. insequatur, quoniam 9 sonos in vnico secundo edere illi instrumento possunt distinctos inter se, ad quod ergo requiritur $\frac{a}{519} = \frac{1}{9}$, aut $a = 57\frac{2}{3}$ ped. Parif. quæ minima est distantia, in qua echo vix adhuc distinguen-

guendis sonis poterit excitari, cum in minoribus exoriatur tantum clangor aliquis confusus, in quo sonum a sono distinguere non licet. Pro distantia Echus cognoscenda eius locum versus exclama breuiter vnam syllabam, atque pendulo obserua post quot secunda illa redeat, ex. gr. post $5''$, atque erit $\frac{a}{519} = 5$, aut $a = 2595$ pedum Paris. Quodsi autem examinare velis, quot syllabarum esse possit echo, ponam durationem tuarum vocum esse d'', atque erit tempus elabens a fine clamoris tui ad primum reditum $= \frac{a}{519} -$ d secund. vt itaque statim, cum tu desieris, echo adsit, pone hunc valorem $= 0$, vnde fit $a = 519\,d$; possunt autem in $1''$ pronunciari syllabæ decem celeriter, ergo echo statim post clamorem tuum præsto erit, & decem syllabas eadem celeritate repetet. Quomodo echo *heterophona* construenda sit artificio quodam, docet *Kircherus*, & ex eo *Schottus*, *Magiæ Nat. Tomo II*, *pag. 117*.

317.

Instrumenta, quorum ope clamores ad loca magis dissita proferre homo potest, quam naturaliter liceret, vocantur *tubæ Stentoreæ*, aut *tubi Stentoreophonici*. Talium tubarum, ex materia elastica confectarum, quarum orificio superiori os clamantis commode potest inseri, altera vero apertura est amplior, labiorum instar reflexa; prima inventio

ventio debetur *Sam. Morlando*, Equiti Anglo, qui phaenomeni huius, diu animo ante agitati, primum experimentum dedit anno 1670. vid. *Sturmii Colleg. Cur. P. II, p. 143;* & *Iourn. des Sav. 1672, p. 16.* Quamuis enim *I. B. Porta*, *Mag. nat. lib. XVI, cap. 13;* *Kircherus*, in *Musurgia*, protulisse iam dicantur similia instrumenta: haec tamen intelligenda sunt de solis tubis cylindricis, qui aliquem quidem, magnum vero effectum in augendo sono non edunt; quibus etiam in templis bassus cantum augere solebant, circa annum iam 1654; quod *Sturmius* imitatus est, *l. c. pag. 151.* Dicitur quoque Alexander M. tali vsus cornu, quo milites dispersos ad interuallum 100 stadiorum sua voce congregare potuerit; sed haec buccina erat, minime vero tuba Stentorea. vid. *Sturm, l. c.* & *Kircherus*, *Ars magna lucis & vmbrae lib. II.*

318.

Quamuis autem de figura talis tubae res nondum sit confecta, ob incompletam adhucdum soni cognitionem, cum is per tubos varii generis decurrit, & propellitur: aliquot tamen viri praeclari in ea eruenda cum fama ac laude versati sunt. *Morlandus* quidem, experientiam hic maxime consulens, primam fecit ex vitro, altam $2\frac{2}{3}$ ped. cum apertura inferiore 11 dig. alteram ex aere, longam $4\frac{1}{2}$ ped. aperturae 12 dig. cum valuu-

valuula coriacea, quæ voces facile transmitteret, regredi autem non pateretur, quacum ad distantiam 2550 ped. Angl. distincte locutus est, vento contrario; tertiam longitudinis 21 ped. cum apertura 2 ped. Sed buccinæ vulgaris instar inflexam, & in compendium redactam, qua ad ¼ mill. Germ. sonum protulit distinctum.

319.

Cassegrain anno 1672 sequenti modo figuram hanc absoluere conatus est, vt caperet in recta CF, assumta pro axe futuræ tubæ, partes CD, DE, EF, respectiue 8, 16, 32, partium æqualium, & erectis perpendiculis CB, DH, EI, FK, tribueret partes easdem 8, 4, 2, 1; obtentis ita punctis B, H, I, K, hinc & inde curuam lineam libero manus ductu delineari iussit, vt habeatur curuitas tubæ integræ ABKG, circa axem CF rotandæ, cui deinde superne apud F commodum epistomium inseritur. Huc enim reducitur prolixa methodi huius descriptio: vid. *Dictionaire de Math. & de Phys. Tomo II, pag. 315*, & conf. cum *Sturmii Coll. Cur. l. c.* Sed facile ostenditur, hanc curuam KIHB hac lege nullam aliam esse, quam Hyperbolam æquilateram ad suas asymptotos relatam, quod breuiter sic demonstro. Producatur axis FC in R, vt sit etiam CR = 8 = CD; atque tum erit, per constructionem,

Fig. 109.

$RC \times CB = 8 . 8 = 64$; $RD \times DH = 16 . 4 = 64$; $RE \times EI = 32 . 2 = 64$, &c. vnde cuiuſlibet abſciſſæ veluti RE, & ſemiapplicatæ reſpondentis EI, rectangulum erit conſtans, quæ proprietas ſoli Hyperbolæ conuenit, cuius R eſt centrum, recta RF vna aſymptotorum, & huic perpendicularis MRL altera, facientes rectum angulum apud R. Verum, cum peruideri nequeat, ex quanam ratione Phyſica hic intereſſe debeat Hyperbola; nec quicquam aliud alleget *Caſſegrain*, quam campanarum fuſores, optantes campanam octaua grauiorem, prioris capere diametrum duplam; (295.) euidens quidem eſt, tubæ huius ſonum debere fieri grauiorem, nihil vero in conſtructione adeſt, quod oſtendat, eundem ſimul etiam futurum eſſe intenſiorem & fortiorem; vnde negotii & operæ plus illatum eſt ex hac operatione rei propoſitæ, quam emolumenti.

320.

Meliori itaque conſilio opus hoc aggreſſus eſt *Haſius*, in *Diſſert.* quæ Lipſiæ prodiit anno 1719. Suadet hic multo cum maiori fundamento tribuere tubæ Stentoreæ cameram primo ellipticam circa axem AM rotatam ABCED, cuius foci ſint in F & *f*, ille prope os loquentis, hic in ipſo anguſtiori foramine CE, hianti in tubum inferiorem parabolicum CFGEHI, in ima ſui parte Fig. 110.

 extror-

extrorsum aliquantum reflexum, cuius focus communis sit ille prior idem *f*. Ita enim fiet, vt radii sonori, apud F cameram ingressi, ad parietes ipsius reflectantur omnes & colligantur in alterum focum *f*, ex natura ellipseos; (315.) hinc noua reflexione peracta ad latera parabolæ, ex huius natura egrediuntur omnes inter se paralleli, atque sic ad magnam distantiam, eadem fere intensitate, promouebuntur. Hanc *duplicem* vocat tubam auctor; si vero *simplici* quis voluerit esse contentus, omissa camera elliptica adhibeat solum tubum parabolicum, quod etiam *Grauesandio* placuit, *Phys. Elem. Math. Tomo II*, *pag. 650*.

321.

Inuenio autem, ad effectus hucusque descriptos varias aduocandas est caussas. *Prima* est *Conseruatio* soni per parietes tubæ, quibus retinetur, vt ne ab ore in sphæram statim integram diffundatur, adeoque valde debilitetur; (299.) quamobrem is, qui aurem ad alteram tubæ extremitatem admouet, sonum vehementiorem etiam sentit, quam si ex ipso clamantis ore eundem excepisset, quia in hanc solam plagam integer propellitur. (314.) *Secundo* adest magnum talis soni incrementum *Reflexio*, qua fit, vt in tubo etiam cylindrico sonus per A immissus & recta progrediatur per axem AB, sed simul etiam ad
Fig. 111. latera elastica per AC, AD, impingat, tum refle-

reflectatur per CE, DE, ad modum radiorum lucis, quod in tota peripheria circuli circa diametrum CD circumducti accidit, vnde hic reflexus cum directo in E coniunctus, vnitus, & aggregatus, iam fortior est in E, & similiter per EF, EG, denuo adaugetur, vt maiorem iam teneat intensitatem in H, atque sic porro. Quæ intensitas eo magis increscet in tuba diuergente, in qua maior semper maiorque aëris moles in motum concitatur ab hac reflexione, vnde oritur vt sonus totalis valde intensus ex orificio B prodeat, atque sic in aërem liberum emittatur tandem, ac si plures simul clamores suos coniunxissent. Fluit ex hoc, fortiorem esse tubam, quæ est longior; & sonum ea exire grauem, obtusum, & horrisonum, quia magnum aëris volumen ita commotum vibrationes suas tardius iam edit, quam si ex ore solo profluxisset. *Tertio* consideranda est totius aëris intra tubam contenti *Compressio*, directe, & per reflexionem, facta. Constat enim ab experimento *Hauksbeei*, *Cours de Phys. Exper. par Desaguliers*, *Tomo II*, *p. m. 450*, campanulam in aëre duplo, triplo, plus condensato sonantem ad duplo & triplo etiam maiorem distantiam audiri. Quæ compressio igitur cum a forti, & cum impetu immisso, aëre necessario aliquantum hunc debeat comprimere: longius deinde sonus propagatur, vnde pu-

to valde approbandas esse eiusmodi tubas inflexas, & præcipue cameram ellipticam *Hasianam*. (320.) Accedit denique in tubis parabolicis *Directio* per radios sonoros parallelos, quibus adhuc denuo horum separationi, quantum fieri potest, resistimus in libero aëre.

322.

Omnes autem hæ cautelæ nunquam tamen permittent, vt perfecta talis tuba elaboretur, aut, vt radii sonori plane non separentur; fieri enim nequit vt propiores, ac intermedii, adstantes nihil soni prodeuntis percipiant, quantumuis agyrtæ fallaces & imperiti promittere hoc audeant. Deinde quoniam, vti modo dictum est, voces tuba emissæ tardius per aërem prouoluuntur: syllabæ etiam lente pronunciandæ sunt, vt in loco ad quem distincte intelligantur; maximoque clamore, quantum cuiuis per vires licet, eæ sunt tubæ quasi intrudendæ, vt sono maxima possibilis intensitas naturalis, adiuuanda dein instrumento, concilietur. Vsu denique non carent tubæ Stentoreæ, & quidem egregio, terra marique. Ita enim in tempestatibus, procellis, tenebris nocturnis, nauigia ad vocis ordinariæ interuallum appropinquare tum non ausa, mutuo se consilio iuuant; in eadem naue remiges & nautæ mandatis reguntur; præfectus classis ad spar-

ſparſas naues commode ſua mandata emittit; vnde etiam hodie omnes fere naues, præſertim Anglicæ ac Ruſſicæ, hiſce tubis, mediocribus ſaltim, inſtruuntur. Vt præteream reliquos vſus in obſidionibus, pugnis, variis vitæ neceſſitatibus, hunc ſolum adiiciam, poſſe eos quoque ſonos, quos inermi aure percipere ob diſtantiam vix valemus, admoto ad orificium anguſtius ſenſorio, facile ac diſtincte intelligi; quales minores tubæ acuſticæ, ſurdaſtris eximie inſeruientes, data quoque opera ab artificibus conſtrui ſolent.

323.

Auris partes præcipuæ, per *Aurem, artificialem* dictam, optime demonſtrandæ, ſunt ſequentes. Exterior eius *ſubſtantia cartilaginoſa* eſt & elaſtica, vt eo facilius ab aëre tremulo in ſimiles concitetur vibrationes, ſed membranis obducta, ne ſonis peregrinus clangor quidam aſpergatur; his omnibus aër tremulus, in patula auris parte collectus, deducitur in *concham*, in cuius fundo incipit *meatus auditorius*, ellipticæ cauitatis, aream habentis totius externæ auris reſpectu vti 1 ad 50, vnde intenſitas ſoni aurem ingredientis quinquageſies maior eſt quam in aëre naturali. Hunc ſerpentino ductu progredientem excipit *tympanum*, oblique poſitum ad illum, ne ſonus hoc nimis violenter feriat, vt ne a ſonis vehementio-

 ribus

ribus membrana tympani rumpatur, quo actum esset de auditu; sequitur interius *cauitas tympani*, in qua iacent tria ossicula, *malleus*, *stapes*, & *incus*, dicta, quae musculis suis partim *membranam tympani* tendunt, remittunt, conuexiorem aut planiorem reddunt, partim idem efficiunt cum *membrana fenestrae ovalis*, quae labyrinthi initium occludit, vt aër vtrobique contentus harmonice cum sono, vtramque membranam afficiente, contremiscat. In hanc eandem cauitatem tympani hiat quoque *tuba Eustachiana*, per quam aër liber ex ore intrat in cauitatem tympani, vt aër hic contentus eiusdem semper sit elasticitatis cum aëre ordinario, quem ore haurimus, adeoque aër tympani accipiat a sono eundem motum tremulum, quem habet externus extra aurem. Huius auxilio igitur per os apertum quoque audire sonum propinquum valemus. Hic ergo motus tremulus porro communicatur cum *labyrintho*, per quem denuo auctus pertingit tandem in *neruum auditorium*, qui leniter stimulatus eundem perfert ad cerebrum. Mechanismo igitur sequente auditus peragitur. Sonus in aëre externo excitatus allabitur ad planiciem auris, ingreditur intensior redditus concham, & meatum auditorium, concutiens ita membranam tympani; hac tremente aër, qui est in cauitate tympani, ad vndas sonoras pariter

riter redigitur, quæ feriunt membranam fenestræ oualis, cuius ictibus aër in labyrintho inclusus, ad motum concitatus, ad nervum auditorium defertur, efficitque vt anima, huius iam motus conscia, de sono externo iudicare possit.

324.

Considerandum itaque nunc adhuc venit meteorum illud vnicum, quod aëri debetur, atque *Ventus* dicitur. *Terræ* enim *motus*, pro secundo aëris meteoro olim habiti, rectius hodie pertractantur in Historia naturali, quæ intra terræ globum comprehensa inuestigat. Veteres ventum definiebant per meteorum aëreum, genitum ab exhalatione calida & sicca, cui vapores sint mixti, quæ euecta sit virtute astrorum, & lateraliter mota. Hanc venti essentiam stabilire conati sunt ab experimento æolipylarum, quod *Cartesius* etiam adhuc approbauit sua explicatione, sed nimis generale est, quam vt quicquam ex eo possit deduci. (P. I, 379, 380.) *Keplerus*, qui terram magnum quod animal esse putabat, ventos etiam ministerio pulmonum ab ea efflari credidit, sicuti a reliquis animalibus, *Harmonic. lib. IV, cap. 7.* Optime vero hodie definitur per fluxum, aut flumen, aëris; per motum sensibilem aëris & vaporum in eo contentorum; non enim aliter differt ven-

rus ab aëre stagnante, ac fluuius ex lacu egrediens ab ipso illo lacu. (288.)

325.

Caussa ventorum generalis est, quicquid aequilibrium aëris stagnantis tollit, veluti omnis aqua in eum locum affluit, in quo pressio contraria aequipollens rumpitur. Ita, si in antlia pneumatica, clauso epistomio, embolus intrudatur, & aër compressus seruetur, donec epistomium reseretur: hic commissus externo naturali, minus elastico, motus efficiet, & res leues, ipsi occurrentes, plumam suspensam ex. gr. veri venti instar commouebit. Idem accidet, si aër, campana exhaustus antea, intra hanc iterum admittatur. Destruitur autem in aëre aequilibrium *primo*, a Sole, eiusque vel calore, vel vi attractiua, quorsum Luna etiam referenda est; cum enim vtrumque hoc astrum aquas oceani attrahendo moueat, atque aestus marinos cieat, cur non efficere valeat idem hoc in aëre, fluido multum subtiliori, vti *Cardanus* hoc agnouit, *de rer. var. I, 8;* ita vt hanc vnicam ventorum caussam assumserit *Clariss. D' Alembert*, in Dissertat. quae praemium Academiae Scient. Berolinensis anno 1746 nacta est, *Reflexions sur la cause generale des vents.* *Secundo* vapores copiosi in aëre alicubi collecti aërem ibi densiorem reddunt, vt cum vicino quietem rum-

rumpat; hinc maxime ordinarium est, vt ab oceano venti profluant ad terras continentes, vnde frequentissimus apud nos est Fauonius; atque hæc caussa præcipue locum habet, vbi vapores fermentationem in aëre excitant, quod in grauioribus tempestatibus fieri assolet, ex quo accidit, vt venti subsultim, & iterato impetu, ex redeunte eructatione efferuescentiæ, prorumpant; notante *Nolleto l. c. pag. 491.* Occulta vero efferuescentia in aëre excitatur experimento sequenti: capiantur duo calices aperti, in quorum vno sit spiritus salis Ammoniaci, in altero autem spiritus nitri; vtrumque hunc iuxta se ponendo, obseruabitur tenuis quædam nubecula in aëre ibi, vbi exhalationes vtriusque huius spiritus sibi commiscentur, atque ibidem etiam, teste Thermometro, sensibilis calor exorietur. Idem accidit cum vapores subterranei erumpunt, quod metalli fossoribus aliquando accidit. *Tertio*, cum subito descendunt nubes per insigne spatium, ex quo ventus spirans oritur. *Quarto*, cum folia arboribus immensa copia decidunt, & in putredinem abeunt, quod auctumno fit, ex qua putrefactione ingens aëris multitudo, carceribus suis liberata, in atmosphæram transit, atque hanc accumulat; vid. *Celeberr. Nollet Leçons de Phys. Exp. T. III, pag. 493*, aut cum tempore verno contrarium huius accidit. Qui etiam *quinto* venti erumpunt

variis in locis ex terræ viſceribus, montibus, qui *Aeolii* dicuntur, qualem in Italia ſitum deſcribit *Kircherus* in *Mundi ſubterr. Lib. II;* immo per maria venti quandoque aſſurgunt; de quibus vid. *Celeb. Muſſchenbrœkius, Inſtitut. Phyſ. pag. 735.* Ventus ergo excitari poteſt particularis verſus quemcunque locum propinquum machinæ ope, ſi nimirum per cauitatem aliquam ampliorem aqua continuo affluens deſcendat, aut intra eam ventilabrum circumrotetur, vt aër commoueatur, quo facto per tubum graciliorem, qui in cauitatem hiat alicubi, aër motus deducetur ad locum quemvis, quo artificio per aquas in officina ferraria Italica prunæ continuo quaſi folle excitantur, vid. *Iourn. des Sav. tomo I, p. 366.* Referri huc etiam debet ventilator *Haleſii*, aptus ad purificandum aërem, de quo vid. *Dict. de Mathem. & de Phyſ.* Prognoſtica ventorum magno numero leguntur apud *Franc. Baconum de Verulamio, in Hiſtoria Ventorum.*

326.

Diuiſio ventorum prima ad Geographiam ſpectat, qua nempe alii ſunt *cardinales*, alii *collaterales*, plagarum reſpectu, ex quibus ad nos veniunt. Philoſophi quidam apud *Ariſtotelem, Meteor. cap. 13*, hoc reſpectu vnicum tantum ventum admittebant, inſani

certe

certe ratione, quia ventus tantum fit aër motus. *Therialces* apud *Strabonem* duos tantum recipiebat, sibi oppositos, Boream & Notum. Poëtæ Græci & Latini quatuor appellant, Austrum, Eurum, Aquilonem, & Fauonium. *Andronicus* apud *Strabonem* in turri octogona octo ventos disposuerat. *Plinius, lib. II, cap. 47*, & *Seneca, Quæst. nat. lib. V*, duodecim recipiunt. *Vitruuius* habet viginti quatuor; hodierni nautæ triginta duos, atque etiam plures. In Physicis autem Cardinales quatuor appellationem *Vitruuianam Architect. Lib. I, cap. 6*, merito retinent, quam & Athenienses olim secuti sunt, vid. *Varen. Geograph. lib. I, cap. 20*, vt ille, qui prodit ex meridie, vocetur *Auster*; qui ex plaga opposita, *Septentrio*; qui ab ortu solis æquinoctiali, *Solanus*; & qui ab occasu solis æquinoctiali, *Fauonius* dicatur; deinde qui inter hos sunt Collaterales, secundum eundem auctorem, NO *Aquilo*, SO *Eurus*, SW *Africus*, & NW *Caurus*, appellentur.

327.

Veteribus quoque familiaris erat distributio ventorum in *Statos*, & *non Statos*; illos, vel anniuersarios, vocabant, qui quotannis semel, certo aliquo tempore, spirarent, veluti Ornithiæ; Chelidoniæ; Rhodones, qui sentirentur cum rosæ florent; Etesiæ, qui singulis annis in diebus canicularibus spirarent,

rarent, ac ardores ſolis lenirent; & horum quidem cauſſam, vtpote aquilonarium, *Ariſtoteles* & *Theophraſtus* a liquatione niuium & glaciei ſub vltimo ſeptentrione, & ſpiritu niuali in altum ſublato, repetierunt. vid. *Phyſ. Goth.* p. 321; *Magirus*, *pag.* 307. Vocantur aliqui etiam *Prouinciales*, qui proprii ſunt ſoli cuidam prouinciæ, ob montes, a quibus reliqui venti arcentur, aut ob anguſtiam regionis, neque proin ſe late diffundunt.

328.

Sed magis notanda venit diſtinctio ventorum a recentioribus peregrinatoribus detecta, ex qua venti per totum orbem terrarum ſunt vel I, *Generalis*, vel II, *Periodici*, vel III. *Variabiles. Ventus generalis & conſtans*, *Paſſat-Wind*, per totum annum deprehenditur in zonæ torridæ maribus, flans per oceanos. Aethiopicum, Atlanticum, Pacificum, & Indicum, eadem ſemper celeritate; cuius cauſſa vnica eſt Sol. Sit enim hic in puncto aliquo æquatoris, atque exinde atmoſphæram ſibi ſubiectam calefaciet, vimque elaſticam aëris imminuet, vt frigidior aër ex parte boreali tam, quam ex auſtrali, in hoc æquatoris punctum irruat; ſed interea ſol progreditur, & tractum aliquem longiorem calefacti aëris in hoc efficit Fauonium verſus extenſum, qui pariter minus elaſticus eſt, & a ſolano ſe inſequente premitur; ex quo

mani-

manifeſtum eſt, aërem in hemiſphærio boreali vrgeri a duabus plagis, ſeptentrione nimirum & ſolano, vnde ex compoſitione motus, (P. I, 106.) ventus orietur perpetuus Aquilo; & ex pari ratione in hemiſphærio auſtrali conſtans Eurus; quod ipſum obſeruationes perpetuæ docent, niſi quod circa litora terrarum continentium paucæ quædam anomaliæ dentur; & ſub æquatore ipſo idem hic ventus generalis fit ſolanus ipſe. Talis anomalia memorabilis exiſtit circa litora Guineæ in Africa, circa quæ ventus generalis, qui Aquilo ad ſolanum accedens eſſe deberet, reuera eſt Africus. Oritur hoc forte ex ſolo Guineæ arenoſo admodum, vehementer a ſole æſtuante, & diu æſtum conſeruante, ad quem idcirco locum minus reſiſtentem aër circumiacens impellitur. Interim tamen hinc efficitur, vt duo hi venti ſibi directe contrarii æquilibrium aëris aliquod producant in amplo ſpatio inter Guineam & Americam interiecto, latitudinis borealis a quarto ad decimum gradum extenſæ, eiuſdemque meridiani cum Inſulis Heſperidum. In hoc ſpatio dominantur fulmina, imbres, procellæ, malaciæ, ſe ſubito excipientia, flantibus ſæpe ventis directionum omnis generis; id quod ex fundo huius oceani, magnam copiam materiæ fulmineæ eructantis, proficiſci debet.

329.

329.

Ex his igitur palam fit, ventum generalem minime oriri a motu terræ vertiginis, qui atmosphæram aliquanto post se relinquat, veluti nonnullis visum fuit. Nam terra atmosphæram non post se relinquit in toto motu suo annuo, cur igitur hoc faceret in motu diurno? deinde ventus generalis, vti vidimus, non est Solanus, sed Aquilo vel Eurus, quorum directio mutatur aliquantum pro vario solis in Ecliptica loco; porro ventus generalis percurrit, in minuto secundo pedes 8 vel 10; punctum æquatoris autem in eodem tempore 1427 pedes Paris. (P. I, 79.) Si denique hoc ita se haberet, tum vbiuis terrarum, in omnibus montium excelsorum cacuminibus, solanus perpetuus spiraret, quod contra omnem est experientiam. Efficitur etiam ab hoc vento generali, vt nautæ, Indiam Orientalem ex Europa petentes, multum euagari debeant, discedendo ad Tropicum Capricorni vsque, vt quantum fieri potest, hunc ventum effugiant; reuertentes vero in Europam multum ab eo promoueantur. Tum etiam illi, qui ex Acapulco ad insulas Philippinas nauigant, iter hoc 1500 mill. German. sine vlla velorum mutatione 90 dierum tempore tranquille absoluunt, regredientes vero longos anfractus, extra zonam torri-

dam

dam, septentrionem versus, quaerere & ventum generalem euitare debent.

330.

Periodici venti deprehenduntur in solo Oceano Indico, vt hic denuo videas, quantum insulae crebrae interiectae venti generalis oeconomiam turbare possint; in Oceano quippe Pacifico, nullis terris distincto, inuariatus hic leges suas, & solis viam, sequitur, vti etiam in Oceani Indici parte australiori, ab insulis remota. Hi igitur vocantur etiam *Anniuersarii*, Belgice *Moussons*, *Motiones*, qui hunc in modum periodos suas consuetas absoluunt. Ab Aprili ad finem Septembris vsque, per sex menses, inter Sumatram & Madagascar perpetuus spirat lenis *Eurus*; reliquis autem sex mensibus directe contrarius *Caurus*. Similiter deinde alternant inter Malabariam & sinum Persicum *Africus* impetuosus & pluuius, deinde directe contrarius Aquilo, lenis & serenus; inter Zanguebariae litora & Madagascar *Fauonius*, & non directe contrarius *Eurus*; prope Siam, Malaccam, & litora Chinensia, *Africus* atque iterum directe contrarius *Aquilo*. Quotiescunque inuertuntur hae Motiones, aër in nonnullis locis quietus persistit, nescius quasi quorsum se inclinet; sed in aliis locis desinunt venti summo cum furore, & subito plagam oppositam occupant. Horum ventorum

torum periodicorum caussa nondum extra omne dubium posita est; videntur autem pendere a montibus, eorumque exhalationibus, quas statis temporibus exspirant, tum etiam a resoluta niue.

331.

Variabiles tandem venti sine omni cognita sunt lege, sed reliquas zonas peragrant cum mira, necdum ab vllo comprehensa, variatione & directionis, & celeritatis, & durationis; praecipue qui inferius in atmosphaera obseruantur tanta laborant inconstantia ob montes, siluas, aedificia, & reliquas circumstantias, vt nihil certi vnquam ex illis deduci queat, quare, suadente *Halleio*, semper considerandi sunt superiores, qui in haec particularia non ita incurrunt. Caussas agnoscunt hi venti omnes illas, atque plures adhuc, quas supra (325.) allegauimus. Nos hic Tubingae in valle satis patente ad fluuium Nicrum siti sumus, circumdati in vicinia montibus mediocribus, qui hiatus satis angustos habent versus plagas NW; SW; S; O; sed in distantia $\frac{1}{2}$ circiter mill. German. versus N iugum montium praealtum, ad Stuttgardiam vsque extensum, & siluae densae, nobis imminent quasi, quae a *pulchris fagis* nomen acceperunt; deinde versus W ad 3 mill. Germ. nos includit ille montium & siluarum tractus altissimus, qui Silua nigra dicitur;

dicitur; ad S denique nos denuo obuallat, in distantia 1½ mill. iugum montium versus O recta exporrectum, quod *Alpes Suevicas* vocamus; vt itaque sola plaga orientalis, quantum angustus vallis hiatus permittit, nobis liberior sit relictus. In his itaque vrbis nostræ circumstantiis expertus sum, ex numero annorum nouem medios arithmeticos capiendo, spirare apud nos quolibet anno

	dies		dies
Fauonium —	61.	Aquilonem —	15.
Solanum —	60.	Caurum —	11.
Africum —	26.	Austrum —	11.
Septentrionem	20.	Eurum —	6.

qui faciunt simul 210 dies ventosos, vt liberi a ventis sint 155 dies.

332.

Vt de celeritate ventorum iudicare etiam aliquantum possimus, ex captis in Anglia obseruationibus constitit procellam impetuosissimam anno 1705, mense Augusto, percurrisse in quolibet minuto secundo pedes Lond. 66; aliam magis adhuc furibundam 81; quod quidem experimentum instituitur plumam permittendo violentiæ venti, & spatium mensurando, quod illa abrepta in tempore aliquo cognito percurrit. Sed huic scopo exactius obtinendo inseruit peculiare instrumentum, sub *Anemometri* nomine cognitum,

gnitum, qualia iam inuenerunt *Huetius*, *Iourn. des Savans 1722, pag. 175; Perill. L. B. De Wolff, Aërom. §. 182*; atque alii, quos videre licet in *Diction. de Math. & de Phys.* Meam methodum definiendi numerum pedum a vento abſolutorum expoſui in *Comment. Acad. Petropol. Tomo IX, pag. 352.*

333.

Follis vulgare inſtrumentum eſt, ſed pervtile tamen, quo ventum quaquauerſum emittere poſſumus. Conſtant illi plerumque duobus planis ligneis, corio ſibi ita combinatis vt diduci & comprimi poſſint, adeoque aër incluſus ad exeundum per anguſtum tubulum cogi; accipiunt aërem ſi aperiantur, reddunt iterum, ſub venti forma, ſi complicentur. Quamuis enim lignum facile aërem tranſmittat: (P. I, 382.) fit tamen celeritate compreſſionis, vt aër, qui tempore aliquo opus haberet ad lignum penetrandum, multo citius per foramen apertum tubi, nullo impeditum obſtaculo, effluat, atque per idem hoc quoque multo celerius interiora, diductione ab aëre euacuata, occupet, quam fieri illud per lignum poſſit non abſque mora. Ventum igneum efficere artificio ſupra (P. I, 380.) docuimus. Omne incendium paullo extenſum ſemper comitem habet ventum vehementem, ob vim elaſticam aëris ab igne imminutam, (325.)

&

& hinc aërem externum densiorem huc vi sua irruentem, quod testatur etiam *Verulamius*, *Historia ventorum*; & *Frid. Hoffmannus*, in *Obseruat. Barometricis*, *Operum Tomo V*, *pag. 19*. Arbores multo difficilius sternuntur a vento rapido tempore hiemali quam aestiuo, quoniam hoc durante foliis indutae sunt, atque adeo plus aëris moti recipiunt. Denique qualitas ventorum accedit ipsis ex illis locis, per quae spirant; hinc Fauonii frigent apud nos, quamdiu niues tempore verno in silua nigra nondum diffugerunt; sed hument simul, quoniam ex maribus ad nos adueniunt.

334.

Vtilitates tandem venti habent vix enumerandas. Aërem a putredine liberum seruant, eundemque inquinatum purgant ab omnibus exhalationibus noxiis, nostris propriis etiam, & materiam fulmineam dissipant, aestusque solis in aestate saepius intolerabiles leniunt ac temperant. Vapores transferunt ex vno loco in alium, atque sic tellurem exaestuantem irrigant; calorem etiam hieme terris dissitis frigidioribus aduehunt, semina variarum plantarum circumferunt, atque in altissima tecta disiiciunt, vbi paullum quid terrae nacta illa laete germinant. Vix potest exprimi quantum debeamus ventis in nauigatione, in molis alatis, atque aliis machinis, quae ab illorum vi commo-

 ventur.

ventur. Homines refrigerium ſibi procurant flabellis; fabri ferrarii augmentum ignibus ſuis follibus; agricola fruges purgat a ſtipulis leuioribus & puluere vanno, quam ex Germania Galliæ illatam primùm eſſe dicit ſua ætate *Celeberr. Nollet*, *l. c. pag.* 501; quanquam alias *Virgilius*, *Georg. I*, 166, myſticæ vanni iam faciat mentionem, quæ, vti interpretes in notis addunt, eſt vas vimineum latum, in quod ruſtici congerere frugum primitias ſolebant, & Libero ſacrum facere, vnde myſtica dicebatur.

CAP. VII.

DE ELECTRICITATE.

335.

Antiquitus cognita iam fuit proprietas electri, quod ſuccinum, aut ambra citrina, hodie vocatur, qua, cum fricatur illud, paleas, feſtucas, atque alias res leuiuſculas, ad ſe trahit atque allicit, aliquandiuque retinet. Recentioris æui Philoſophis hæc indoles denuo, & cum cura ſeculo noſtro digna, examinata non vera ſolum, ſed aliis porro haud minus mirandis phænomenis comitata, deprehenſa eſt, quæ omnia ſimul ſumta corporis alicuius *Electricitas* vocantur, ſeruato nomine ab antiquis ad nos deriuato. Eſt igitur hodie *Electricitas* corporum

porum quorundam ea proprietas, qua attritu, molli vel valido, perfricata, vel a sole aut alio igne calefacta, aut etiam percussa & icta, vim acquirunt cum omnibus corporibus non electricis communicandam, res varias leuiusculas ad distantiam aliquot pollicum attrahendi & repellendi, deinde etiam in tenebris lucendi, interdiu etiam scintillas eiiciendi, atque inflammandi, hasque virtutes longissime propagandi. Quas proprietates singulas totidem demonstrabimus experimentis.

336.

Notari autem præcipue hic debet, corpora omnia diuidi dupliciter hoc respectu. Sunt enim quædam *Electrica per se*, *Idioëlectrica*, aut *Electrica proprie sic dicta*, quæ per frictionem & calorem electricitatem acquirunt. Talia maxime cognita hodie sunt, succinum modo memoratum, quod omnia corpuscula exigua & leuia, fumum quoque, allicit, sibique adiungit, excepta sola flamma; Gemmæ, adamas præsertim, & rudis magis quibusdam electricus visus est quam politus; Crystallus; Resinæ; Sulphur; Alumen; maxime autem Vitra, quorum alba quædam egregia sunt, quædam vero non, colorata minus generosa obseruantur, ob admixtas metallorum calces; illa, quibus multum inest salis alcalini, celerrime humorem

ex aëre attrahunt, (P. I, 242.) & hinc parum valent; vid. *Celeb. Waitzius*, *von der Electricitæt*, pag. 9; porro Porcellana; Pix; Resina Colophonia; Cera signatoria; Animalia viua pilosa & plumosa, vti feles, canes, aues; denique etiam sericum nigrum, aut cœruleum. Pro corpore autem electrico habendum est tale, quod in aliqua distantia, non immediato contactu, attractionem exerceat; in hoc enim adhærent quandoque puluisculi quidam agglutinati, ob scabritiem, corporibus reuera non electricis. Sunt deinde reliqua omnia non Electrica per se, sed *Electrica per Communicationem*, *Symperielectrica*, vel *Electrisanda*, quæ nempe electricitatem non acquirunt dum fricantur, sed eam recipiunt a solo propiori alio corpore per frictionem & calorem ad electricitatem perducto; qualia sunt Animalia glabra, Metalla, semimetalla, candefacta etiam, Terræ, Pulueres, qui ob paruitatem fricari nequeunt, tum illa corpora, quæ aliquantum calefacta mollescunt; omnia fluida, & humentia, vel madefacta. Sæpius difficile est determinatu, quænam corpora per se sint electrica, quænam non; silet enim aliquando electricitas, quæ alio tempore, ac alia tempestate, luculenter se prodit. Ita ex. gr. obseruatum est a *Celeb. Du Fay*, magnetem non nisi fricatum & calefactum simul signa electricitatis edere. Quo sæpius tentatum fuit

fuit corpus aliquod ad electricitatem edendam, eo etiam celerius eandem rurſus oſtendit, quaſi habitu acquiſito, quem iterum perdit, ſi diu otioſum iacuerit, obſeruantibus *Muſſchenbrœkio*, *Boſio*, *Nolleto*.

337.

Primo igitur, cum in tradita definitione corpus perfricari debeat, aut calefieri: de frictionis & calefactionis hic inſtituendæ modo & *Mechaniſmo* erit agendum. Quodſi igitur corpus aliquod per ſe ſit examinandum, illud libera manu ad papyrum aut pannum laneum, fricatur, ac attenditur, num leuiuſcula alliciat, nec ne. Si vero, quod frequentius vſu venit, corpori non electrico electricitas ſit concilianda, hoc eſt, corpus electriſandum: tum plerumque adhibetur vitrum. Quod vt prius ipſum electriſetur, plurimi hodienum adhuc optimum eſſe putant, ſi hic quoque attritus libera fiat manu, & capiatur tubus vitreus, albiſſimus, apertus vel clauſus vbicunque, longus 20 vel 30 pollices, diametri 2 poll. vt tantum ſiniſtro pugno commode ſua extremitate teneri queat; nihil enim porro huc facit amplitudo tubi, craſſities autem limbi ſit $\frac{1}{12}$ vel $\frac{1}{6}$ poll. Tum is charta pura, aut panno laneo, deſuper fricetur fortiter, ita tamen vt deſinat frictio, cum manus fricans deſcendendo ad manum tenentem peruenit, quod tamen non perpetuo requiritur; hoc-

que ſæpius repetatur. Tum tubus hic valde fit electricus, attrahens aliquando ad 12 & plures poll. egregiamque electricitatem communicans cum corporibus quibuſcunque ſymperielectricis, cuius phænomena legere licet in *notis*, *a Celeberr. Muſſchenbrœkio Experimentis Academiæ del Cimento adiectis*, *pag. 83*, aut in *Celeberr. Deſagulierii Cours de Phyſ. Experimentale*, *Tomo II*, *Lect. X*, *pag. 380*, in Diſſertatione hic inſerta, qua Doctiſſ. hic Auctor præmium Academiæ Burdigalenſis de electricitate reportauit. Si modo tubus hic ſit mundiſſimus in tota ſua ſuperficie interna & externa, ſiccus, læuigatus, &, ſi opus fuerit, ſpiritu vini ante elotus & probe exſiccatus. Sunt vero quædam corpora, quæ a radiis ſolis calefacta vim, perexiguam quidem, oſtendunt teſte *Boyleo*, *de atmoſph. corporum pag. 9*; alia calidiora ouo incubato non fiunt electrica ſi terantur, frigida tamen ſunt valida, veluti reſinæ vegetabiles, terreſtres, & ſulphura; alia e contrario vehementer debent incaleſcere, vt ſuccedente frictione aliquam accipiant electricitatem, veluti lignum Guaiaci, buxus, ebur, oſſa, cornua, balænæ, conchæ, corium, pergamenum, lapides, marmor, in quibus frigentibus nihil virtutis poteſt excitari, forſan quia in hoc ſtatu aliquantum madent, & prius calore perfecte ſunt exſiccanda. Ita etiam calamus anſeri-

ſerinus, per duas horas calidæ fornaci impoſitus, deinde vehementer ac diu perfricatus panno laneo, fiſtula ſua pilum criſpum arripuit, obſeruante *Schillingio*, *Miſcellan. Berolin. anno 1727, pag. 334.* Alia etiam malleo percuſſa, & icta, vim adipiſcuntur, vti lacrymæ vitreæ incudi impoſitæ, & aliquoties concuſſæ; tum & placentæ ſulphureæ, & cera ſignatoria; *Celeberr. Kratzenſtein, Theoria Electr. §. 13.*

338.

Porro deinde alii fuerunt artifices, qui, vt laborem haud exiguum prioris frictionis brachio dextro ferendum, imminuerent, machinas verſatorias & tornatorias conſtruxerunt, & corpus in quo excitanda eſt electricitas, tam per ſe, quam ad communicationem, celerrime circumrotant, vt aliquantum etiam incaleſcat, vti Thermometri admoti ope cognoſci poteſt. Fit hoc machinæ ope, per duas rotas, vnam maiorem, alteram minorem, funis ductarii auxilio combinatas, quarum illa ab homine robuſto vertenda eſt, vt ad minimum in vnico horæ minuto 120 gyrationes abſoluat, & minoris ea magnitudo aſſumenda eſt, vt hæc ex. gr. abſoluta gyratione vnica illius abſoluat nouem; quo facto hæc minor rota, vel axis, ſimul cum corpore examinando, quod eidem axi iunctum eſt, tempore vnius minuti

nuti primi conuersionibus 1080 circumagetur. Cum itaque hoc mechanismo corpus fricandum celerrime rotetur: frictio obtinetur admouendo ipsi leniter volam manus probe exsiccatæ, aut pannum laneum, aut puluinum ex corio vitulino pilis equinis excoctis, vel plumis subalaribus auium, repletum, ipsi machinæ affixum, & vitro mediocriter appressum, postquam manui, aut huic, terræ Tripolitanæ subtiliter puluerisatæ, vel cretæ siccissimæ rasæ, vel amyli, aliquid fuit superspersum. His ita ordinatis vitrum bene fricabitur, & insignis electricitas orietur, cum aliis non electricis communicanda. Rursus alii cylindrum vitreum, sulphureum, aut, quod melius existimatur, sphæram amplam vitream, diametri 6 ad 17 poll. aut porcellanam, aut globum alium idioëlectricum, rotant ope plectri, vel arcus talis, quo panduræ fides moueri solent, qualem ego machinam præcipue adhibeo, descriptam a *Gordono*, *Versuch einer Erklærung der Electr. pag.* 14; vti præcedens machina descripta etiam est *l. c. pag.* 6; nec non in *Kratzensteinii Theoria Electr. pag.* 2. Augetur autem electricitas in symperielectricis eo magis, quo ampliores sunt tubi & globi fricati; quo celerius circumducuntur; tum quando cum *Celeb. Bosio*, atque aliis, plures globi & cylindri rotati adhibentur, quorum excitata electricitas simul

mul sumta communicatur cum aliquo corpore.

339.

Pro hisce autem pariter ac pro sequentibus variæ & circumspectæ adhibendæ sunt cautelæ. Corpus, cuius electricitas excitanda est, debet esse siccum, & calens paullulum, nisi circumstantiæ aliud suadeant; fricandum illud est manu plane sicca & dura, minime sudante, vel etiam panno laneo, sicco, calente, villo, corio, linteo, charta, cotoneo, aliisque mollibus, nihil enim hic valent dura & polita; & signum talis tubi iam bene electrici est, si aliquantum incaluerit; tum iuxta ipsius longitudinem ad interuallum ½ poll. digitus perductus ab effluviis incurrentibus crepitationem excitet, aut in tenebris lucem spargat; scopæ sic promotæ idem debent efficere. Axem rotationis parallelum esse debere axi terræ, nusquam legi, nisi in *Iourn. des Sav. d'Italie*, *tomo I*, *pag.* 290. Corpuscula attracta omnis sunt generis, veluti folia metallorum dissecta, arenæ, lignorum scobes, exsiccata folia, fila, plumæ, præsertim subalares auium, cineres, fumus candelæ, &c, dummodo imponantur patinæ vitreæ, porcellanæ, aut ferreæ stanno obductæ, aliquantum calentibus; aut si cum *Gilberto*, *de Magnete lib. II*, *cap. 2*, cuspidi acutæ, acus magneticæ instar, imposita æquilibrentur. Nec etiam succedunt

dunt experimenta electrica vlla, quoties tempestas fuerit humida, aut instituantur ea in loco humido, vel in magno spectatorum numero, immo minus feliciter perficiuntur apud nos hieme quam æstate, nisi tempestas valde sit sicca, serena, & frigida.

340.

Secundo, attendere debemus ad *Communicationem*, quæ primum obseruata fuit a *Boyleo*, vid. *Du Fay*, *Mem. de Paris*, *1733*, *pag. 31*. Vidimus iam qua ratione excitari possit electricitas corporum electricorum per se, facile aut difficulter, prouti hæc sunt magis aut minus electrica; sed dictum simul est, in quibusdam corporibus electricitatem nullam vllo cognito modo posse prouocari immediate. Circa hæc vnica methodus est ea electrificandi per communicationem (336.) Communicare autem electricitatem cum alio corpore nihil aliud est, quam illud circumfundere effluuiis electricis ab alio illuc deriuatis; quod fieri potest cum omnibus hucusque exploratis corporibus sine vlla exceptione, modo fuerint idioëlectricis bene fricatis imposita, ex iis suspensa, aut alio modo cum illis connexa. Veluti cum laminæ nostræ machinæ imponuntur quæuis corpora non electrica, nix, glacies, poma, flores, arundo Hispanica, mensa integra cum varietate ciborum & rerum mul-

tarum

tarum diuersissimarum, aut candelabrum cum candela accensa, in qua flamma nullam ab electricitate mutationem subit; aut, cum aquam in cochleari paruo inferius admotam coni instar eleuatam spectamus. Ita homo integer, ad idioëlectrica non referendus, tali atmosphæræ deriuatiuæ, non propriæ, potest quasi immergi, éaque circumdari, aut, vti hoc vocant, *electrisari*, quæ corpora hinc dicuntur *electrica per communicationem*.

341.

Sunt igitur hæc electricis ipsis æquiparanda, quia in hoc statu posita quælibet obuia corpuscula leuia pariter alliciunt, repellunt, scintillas eiiciunt, non secus ac electrica per se talia. Notata interim per experientiam hæc est differentia, quod effluvia electrica multo facilius & copiosius communicentur cum corporibus non idioëlectricis, quam cum idioëlectricis ipsis; quo enim electrica per se sunt generosiora, eo minorem copiam in se recipiunt electricitatis affusæ. Hinc per communicationem pix, sulphur, cera signatoria, vitrum, fasciæ sericæ cœruleæ aut nigræ, nihil fere, aut parum admodum, electricitatis in se imbibunt, sed totum flumen atmosphæræ electricæ illibatum vlterius dimittunt, vnde etiam hæ sericæ fasciæ, cum antecedentibus, opti-

optimum sunt sustentaculum illorum, quæ electricitate perfundere cupimus. Hinc etiam homo electrisandus aut incumbere debet eiusmodi fasciis, aut insistere placentæ piceæ, vel sulphureæ, aut etiam eiusmodi fasciis, vt ne vis electrica ab ipso vlterius propagetur, sed in ipso maneat coërcita quasi & inclusa.

342.

Tertio igitur iam occurrit *Attractio* & *Repulsio*, obuia tam in electricis per se, quam per communicationem, vti reliqua omnia. Harum vtraque apparet manifestissime in tubo vitreo, libera manu fricato, vel in machinarum aliqua rotato. Iste autem tubus arena sicca repletus desinit attrahere nisi in distantia $\frac{1}{4}$ pollicis; excussa illico arena, attrahit vt ante. Explicatur hinc iucundum illud experimentum, quod a *Gordono* vocatum est *Sonitus campanarum electricus*, & describitur *l. c. pag. 38;* hoc enim sequenti modo peragitur, quem enucleatius describam, vt vera electrisationis idea exinde acquiratur. Cum cylindrus vitreus, puluillo affricatus, rotatur; concipit is largam virtutem *electricam per se*, (336 & 338.) quam communicat cum adiacente propius lamina ferrea, stanno obducta, (340.) & suffulta a fasciis sericis. (341.) Hæc itaque lamina iam est *electrica per communicationem*, aut

aut *symperielectrica*, atque sic omnia præstat, quæ a corpore electrico per se agi possunt. Huic laminæ connexa est, fili ferrei circa ipsam circumducti ope, campanula; quæ igitur electricitatem pariter recipit per communicationem, quamuis ipsa per se electrica non sit. (336.) Hæc campanula vicinam habet aliam, verum aliunde ex prominenti brachio ligneo suspensam, neque connexam cum bractea ferrea, vt ne fiat symperielectrica; inter vtramque deinde dependet e filo pulsabulum ferreum, ex eodem brachio ligneo, & separatim quoque a bractea, vt nec in hoc vis electrica deriuetur. Illa igitur campanula, sola electrisata per communicationem, attrahit pulsabulum suspensum, adeoque facillime mouendum, (339.) quod cum clangore alliditur, at simul subito repellitur, vt oscillatione sua attingat alteram campanulam non electricam, cum clangore pariter, sed ibi simul electricitatem suam deponat, & noua oscillatione partim, nouaque partim attractione, vtpote vacuum iam a vi electrica priore, ad priorem campanulam denuo accedat, lusumque hunc repetat, vt sonitus alternus audiatur, & ictibus quidem sensibiliter crebrioribus, quo magis fortiori rotatione electricitas increscit, (338.) donec omnia desinant post aliquod tempus, quam rotatio cessauit. Sphærulæ ligneæ aut vitreæ super aquam electrisatam natan-

natantes, attrahuntur a digito non electrisato, sequunturque huius cursum, quod ita est explicandum. Globulus is electrisatus deberet ad se trahere meum digitum ex. gr. quod cum fieri non possit dum retinetur digitus: accedit ipse globus ad digitum; vnde manifestum est, attractionem etiam hanc esse mutuam & reciprocam, & globum æque attrahi a digito, ac digitus attrahitur a globo. Vid. *Experim. Academiæ del Cimento, pag. 88.* Quod eodem modo etiam fit in Magnete, eiusdemque attractione. (P. I, 247.) Ex hisce motibus, & acu magnetica gyros ducente, cum electricitatem nacta est, edidit anno 1750 *Imaginem motuum cœlestium viribus electricis effictam*, Celeb. *Wincklerus.*

343.

Quarto nunc excutiatur *Lux*, cum eiectis *Scintillis*, & *inflammatione*. Tubus igitur vitreus, cylindrus, vel globus, noctu, aut in camera obscura, fricati, simul ac electrisantur, lucent ibi quam maxime, in quo loco frictio exercetur, quam quoque in aliis subinde locis; si ab aëre vacui sint, magis etiam intus lucent, & lumine vibranti illustrantur; constat enim, effluuia electrica copiosissime ingredi vacuum, dumque in hoc operantur, vitra extrinsecus pigritiam in electricitate ostendere. Si corpori materia electrica perfuso admoueatur digitus ex. gr. vel

vel clauis ferrea bene polita, propius: tum, ſcintilla eiicitur cum crepitatione aliqua, & dolore quodam digiti, coniuncta, conica, cuius apex ad digitum verſus eſt; ſæpius etiam tale ſymperielectricum ſua ſponte ſcintillas, & lucem eiicit conicam, vti enſis in cuſpide & acie ſua; atque ſtella octogona, e tenui lamina metallica exſciſſa, & in ſuſtentaculo ſuo corpori electriſato impoſita. Quæ autem corpora ſcintillas eiaculantur, ſunt fere ſequentia: Metalla, Cutis humana, Cutis viuorum aut mortuorum animalium, Caro cruda, aſſa vel cocta, deinde Vinum, Aqua, Spiritus vini, Mercurius, Poma, Pyra, Ceraſa, Lac, Butyrum, Caſeus; oportet autem ſemper, vt alterutrum horum ſit electriſatum, alterum non, ab vtroque enim electriſato nihil ſcintillarum editur; ita homo electriſatus, admoto alicubi digito ſibi, non ſcintillat; nec etiam lignum ſcintillas prolicit, hinc in præcedente catalogo non continetur.

344.

Inflammatio deinde commodiſſime procuratur in eſſentia vegetabili, aut ſpiritu vini; hic enim infundatur parua portione cochleari argenteo minori, & ſic admoueatur electriſatæ laminæ noſtræ ferreæ, in ea diſtantia vt ſcintillæ oriri poſſint, a quarum prima ſi ſpiritus non accendatur, cochlear hinc & inde paullo moueatur, atque ita effectus

consequetur. Si vis electrica debilis fuerit, cochlear non repleatur integrum, ne partes eius omnes madefiant, adeoque debiliores proiiciantur scintillulae; aut cochlear aliquantum calefiat; aut incendatur ante spiritus, rursusque extinguatur, quam admoueatur. Simili modo incenduntur oleum oliuarum, butyrum liquefactum, &c. Vid. *Gordon*, *l. c. pag.* 52. Idem hoc absolui etiam potest ense nudo, cuius mucro appositus sit cylindro fricato, & cochlear cum spiritu vini admotum capulo. Ita quoque homo electrisatus solo digiti sui apice spiritum ab homine alio non electrico porrectum in flammas coniicit.

345.

Quinto sequitur *Propagatio*, quae ad insignem distantiam exporrigitur. Haec peragitur affigendo catenulam ex filis ferreis connexam, vel funem praelongum, etiam hi enim corporibus non electricis accensentur, altero sui extremo laminae ferreae machinae nostrae, illamque ex filis sericis coeruleis vel nigris ad clauos ferreos suspendendo in parietibus spatiosi cuiusdam conclauis, aut in aërem liberum, ad longitudinem aliquot centenorum pedum, immo vsque ad 5000 pedes. Vel etiam idem hoc vnum extremum manu sua capere potest homo electrisatus, alterum vero pondere annexo suspendi ex annulo fili serici. Admoueantur de-

deinde huic alteri extremo res leuiuſculæ, quæ minime attrahentur: ſimulac autem rotatione electricitas vigere incipiat, viuide ſubſilient, orientur ſcintillæ, & abſolui poterit inflammatio, vti prius dictum fuit, atque hæc omnia in temporis mora aliqua vix ſenſibili.

346.

Nunc igitur per experimenta ſtabilitis omnibus illis, quæ ad Electricitatem referri hodie poſſunt: videamus porro breuiſſime, quid ad eius Theoriam facere queat, non quidem penitus abſoluendam, hæc enim in profundo puteo demerſa adhuc iacet, ſed ad tentandam ſolum, & aliquatenus attingendam; quibus adiiciemus ea, quæ monenda hinc & inde adhuc occurrent. In quibus maxime ſequemur *Celeberr. Muſſenbrœkium*, qui, dum aliorum de hac re inſtituta accurate expendit, & in propriis experimentis magna copia perficiendis elaborauit, optimus hic iudex eligi poteſt. Videntur itaque experimenta omnia id primum edocere, conſiſtere electricitatem in ſubtilibus exhalationibus, quæ in corporibus idioëlectricis partim deliteſcunt, partim aliunde aduolant, partimque iterum auolant, atque ſic omnia leuiuſcula illuc adducunt, deinde rurſus abducunt. Si igitur motus ex crepitatione, attractione, & repulſione, oriatur: turba hæc facta vt per totam atmoſphæram ele-

ctricam diffundatur necesse est. Sed quaenam natura est horum effluuiorum, vnde motus hic ipsis conciliatur? Fluidum corporeum constituere hæc effluuia multis rationibus patet, afficiunt enim omnes sensus humanos; quia ore & palato accepta saporem acidum produnt, & nares odore graveolenti spiritus vitrioli, aut phosphori, occupant; auditum feriunt crepitatione, & nonnunquam explosione, quæ ad 100 passus pertingit; videntur oculis adhærentes, lucidorum penicillorum instar, in corporum angulis & apicibus; tactui denique repræsentantur vti tenuissima tela, aut lenissimum flamen, corpora cingens.

347.

Electricitas in idioëlectricis excitata diu perdurare potest, si hæc sint in aëre libero & sicco conseruata, in tubis nempe vitreis, & sæuiente gelu, vltra horam, in globis autem amplioribus per 12 horas; si vero pannis inuoluantur laneis, & vitro includantur, cera Hispanica signatoria, sulphur, colophonia, hæc vim attrahendi seruare possunt vsque ad decem menses, quod tempus plurium tantum horarum deprehendit esse *Guerikius*. Si phiala vitrea, longiori collo prædita, ad dimidium impleatur aqua fontana, frigida, non fluuiali, & orificium occludatur cera signatoria, per quam transeat

tenue

tenue filum ferreum in aquam, atque electricitas rotatæ sphæræ per hoc filum transmittatur in aquam aut immediate, aut vero tubi ferrei electrisati ope; hæc copiosissimam electricitatem recipit, & sæpius per 36 horas conseruat. Hæc phiala quando capitur vna manu, filo ferreo autem propius admouetur altera, scintilla exploditur sæviens, & mirum in modum vehemens. Idem fit infundendo aquæ loco mercurivm, oleum tartari per deliquium, vrinam, atramentum, &c. Exiguam autem hoc modo electricitatem ostendunt arena, grandines plumbi, olea, &c. Vid. *Celeberr. Musschenbroekii Institution. Physicæ*, pag. 208.

348.

Plumula filo suspensa intra vas vitreum simplum, duplum, immo sextuplum, ab admoto tubo fricato allicitur, manifesto indicio, effluuia electrica non ambire tantum corpora, sed per interiora eorum penetrare, vti hic per tot vitra. Idem efficitur in fluidis, quod patet, si eadem plumula includatur vitro superius aperto, quod operculo cauo sit tectum, cui fluidum possit infundi; pergit enim etiam sic plumula moueri a tubo fricato. Deinde, vtcunque tanquam lene aliquod flamen, aut subtilissima tela, hæc effluuia tactui apparent: (346.) nullius tamen venti actione difflari aut abigi possunt, veluti

 com-

commoueri se a vento rapido etiam radii solis non patiuntur. Ex quibus concludere licet, quanta subtilitate effluuia electrica sint prædita. Per idioëlectrica autem reliqua parum penetrant hæc effluuia, nisi illa aqua prius sint madefacta. Eadem porro quia per spatium 5000 pedum excurrunt vix interiecta temporis aliqua mora: (345.) iterum patet, illa esse mobilissima, & proinde fluidissima.

349.

Ad fricatum corpus idioëlectricum excitari non solum effluuia, quæ in hoc corpore delitescunt, sed aduolare huc etiam aliunde alia ex aëre, atque ex solo subiacenti, exinde potissimum probari posse videtur, quia machina electrica solo, asseribus, lapidibus, glaciei, & terræ liberæ, imposita multo maiorem copiam electricitatis colligit; dum nempe hæc corpora transitum materiæ electricæ permittunt, (341.) quam si machina & operarius insistant placentæ piceæ, quo casu parca efficitur electricitas, prohibito nempe affluxu exhalationum externarum; ita vt fluidum electricum dispersum videri possit per aërem & omnia corpora, quæ in superficie sunt nostræ telluris. Idcirco vt corpora idioëlectrica perfricata vim ostendant suam, necesse est vt fluidum electricum vndecunque liberrime possit affluere atque effluere, hoc est, circulationem suam absol-

vere.

vere. Hinc igitur omnis generis corpuſcula electrica adducuntur, atque dein auehuntur, quod vt fiat, requiritur omnino vt effluuia electrica cum ipſis corporum particulis minimis collidantur, eaſdemque abripiant ſecum, per ſolos enim meatus tranſeundo corpuſcula ſecum non abriperent.

350.

Celeberr. Du Fay obſeruauit, ab electrico corpore attrahi ad maximam inter omnes diſtantiam faſciam ſericam nigram, deinde ad minorem reliquas hoc ordine, albam, cœruleam, rubram; colorem vero ipſum nihil huc facere exinde liquet, quia omnes hæ faſciæ aqua madidæ, cera vel gummi oblitæ, eadem vi alliciuntur ac repelluntur; tum etiam quia in album iniectis variis coloribus, per priſma vitreum ſeparatis, (223.) nullum attractionis aut repulſionis obſeruatur diſcrimen. Maior itaque attractio dependere hic videtur a maiore pororum obſtructione, colorum tincturis inducta, aut a diuerſa vi electrica ipſarum tincturarum.

351.

Nullum corpuſculum ab idioëlectrico, aut ſymperiëlectrico, ante repellitur, quam attigerit ſuum attractorem, aut valde vicinum ipſi factum fuerit; cuius deinde materia electrica circumfuſum & imbutum abigitur demum; deinde in aëre natat, donec aut cum hoc, aut

cum alio non electrico in aëre volitante, communicauerit acceptam suam electricitatem, atque sic orbatum vi sua prima denuo a priore attractore alliciatur ad similem sortem subeundam. Hinc igitur duæ particulæ, eadem electricitate circumfusæ, repellunt se, si agere in se mutuo ob distantiam possint. Hinc porro, quoniam eiusmodi particulæ repulsæ in aëre sicco aliquot minutorum tempore electricitatem acceptam seruant: patere potest, aërem hanc non adeo promte in se absorbere, adeoque corporibus idioëlectricis esse annumerandum; (341.) quod exinde etiam confirmatur, quia alias omnium corporum electricitas per aërem, tanquam corpus non electricum, subito dissiparetur, nec per momentum vspiam durare posset. Quoniam porro in aëre humido aut a pluuiis, aut a multorum hominum exhalationibus, parum electricitatis produci potest: (339.) conspicitur ab his humoribus absorberi, quicquid vis electricæ aëri inest, neque quicquam eius aduolare posse ad corpus fricatum, sed illud solum frictione excitari, quod ipsi corpori fricato modice inest. Plura non addimus, sed cum *Celeberr. Musschenbrœkio* statuimus; præstare hic iudicium suspendisse, donec ab experientia plura erunt detecta.

352.

Merentur tamen historiæ tam, quam vlterioris illustrationis caussa, indicari adhuc

tantum

tantum hæc sequentia. *Primo* experimentum illud, quod supra (347.) descripsimus, inventorem habet ipsum *Celeberr. Musschenbrœkium*, & vocari solet *Ictus fulminis electricus*, Gallice *Coup foudroyant*, *Experimentum Commotionis*, *aut Leidense*, quia & scintilla edita magna est, & ictus cum illa coniunctus terribilis, cuius percussione moriturum se credebat *Celeberr. Auctor*, neque eundem totius Galliæ pretio se repetiturum aiebat, ita iuncturas ille manuum atque pedum, cum præcordiis & intestinis contuderat quasi ac confregerat. Ictu simili in caput veruecis directo hunc subito enecauit *Delor*, auemque Abbas *Nolletus*, vid. *Dict. de Math. & de Phys. tomo I, pag. 234*, & peculiarem tractatum de hoc Exp. *Celeberrimi Winckleri*; *Stærcke der Electrischen Krafft des Wassers*. Per hanc conquassationem violentam neruos emortuos in paralyticis animari iterum posse suspicati sunt quidam, vnde ad curas Medicas hoc experimentum pertraxerunt plurimi, contra tumores ex frigore, immo contra podagram, quorum agmen duxit *Clariss. Sauvages*, Medicus Montis Pessulani; vid. *Experiences sur l'Electricité par M. Jallabert, pag. 376*. Aliquando cum aliquo effectu, si fides relationibus constet, sæpissime autem frustra, adhibitum est metuendum hoc remedium; quare non desunt, quibus imprudenter illud applicari persuasum sit, putentque non solum

Dd 5 fulmen

fulmen hoc electricum, sed debiliorem etiam electrisationem, funesta esse posse ægroto, auctis doloribus, sexui præsertim sequiori. Vid. *Dictionar. l. c. pag. 236*; & *Schæfferi, Die Krafft und Wirckung der Electricitæt bey gelæhmten Gliedern, anno 1752 edita.*

353.

Secundo occurrit *Beatificatio*, quam *Celeberr. Bose*, Wittebergæ ita vocauit, cum electrisando personam in eum perduxisset statum, vt circa caput splendor materiæ electricæ appareret nimbi instar, qualis capitibus sanctorum & beatorum appingi solet. Non autem eodem, sed paullo inferiore, successu repetitum fuit hoc experimentum à *Monnierio, Deloro*, hocque solum productum, vt a fronte duo penicilli lucidi eminerent in tenebris, quod *Moysificationem* appellarunt. Vid. memoratum *Dictionar. l. c. pag. 91*; quod ex illo forsan ortum est, quia in diuersarum regionum atmosphæris diuersa etiam, & diversæ copiæ præstantiæque, hospitatur materia electrica, de quo conqueritur quoque *Celeberr. Musschenbrœk. Institut. Physic. p. 223.*

354.

Tertio, indicium faciendum est *Experimenti Frankliniani*, quod Philadelphiæ in Pensiluania primo captum fuit per *Beniam. Franklinum*. Hic enim præcedens Experimentum Leidense (352.) repetens, & multa varieta-

te

te tractans, reperit fulmen illud eousque posse intendi, vt lamellae aureae exinde liquefiant, comitemque huius semper adesse odorem sulphureum, & phosphoreum; ex quo in suspicionem incidit, materiam fulmineam in atmosphaera terrae haerentem (264.) eandem esse cum materia electrica, quia ex vtraque idem odor emanat; id quod antea iam praedixerat *Celeberr. Winklerus, Electrische Krafft des Wassers 1746 edita, §. 155.* Cum autem sciret, ferri cuspidem globo fricato electrico obuersam ostendere penicillum lucentem, (343.) similem fere flammae ignis fatui, cuspides adeoque attrahere & colligere materiam electricam: imaginatus sibi est fore vt materia fulminea nubium, tonitrua producens, in tali ferro praealto, & valde acuto, supra culmen tecti alicuius erecto, si fuerit similis electricae, talem penicillum sit acquisitura, & scintillas editura, vti in reliquis hoc accidit experimentis electricis. Id quod ipso etiam effectu fuit comprobatum. A rubigine vero ferrum debet custodiri, aëris quippe iniuriis expositum, id quod optime fit illud deaurando. Trahebatur deinde hoc periculum ad auertendos ab aedibus nauibusque fulminum ictus, affigendo parti inferiori virgae ferreae filum metallicum, & hoc deducendo, in aliqua distantia ab illis, ad terram aut aquas vsque, vt ita per hoc symperielectricum fulmina sine noxa deri-

deriuentur in hæc loca auersa. Repetitum deinde eodem successu hoc experimentum fuit in Gallia, m. Maio 1752, cum virga ferrea tenui, placentæ piceæ insistente; porro etiam in Academia scientiarum Petropolitana sæpius tentatum est eadem primum forte, a *Richmanno*, Membro eiusdem Academiæ, sed exitu tandem ita infelici, vt, facta improuisa materiæ electricæ explosione violentissima, naturæ hic sedulus scrutator fulmine fuerit ictus, anno 1753 d. 26 Iulii st. v. & subito exanimatus, lethiferorum horum ignium præsentiam sua morte, tanquam alter *Plinius*, demonstrans. Confer. *Sammlungen Electrischer Versuche bey Gewittern*; 1752.

355.

Finem facere iuuat succincta quadam recensione Historica totius huius negotii electrici sequentem in modum. Electri disertam mentionem facit *Plato*, & simul Magnetis, cum in *Timæo* dicit: *eadem ratio est de aquarum fluxibus, de fulminum impetu, de electri mirabili illo attractu, lapidisue illius, qui Heraclius nominatur; reuera nullius horum attractio fit.* Caussam vero subnectit, ad quam intelligendam altero Platone opus est; multoque distinctius hanc expressit, quamuis veram non tetigerit, *Thales Milesius*, qui rebus quibusdam inanimatis, veluti Magneti, Electro, ob hanc ipsam attractionem, animam

mam tribuit; *Diog. Laërt. in vita Thaletis. Aristoteles, de mirabilib. auscultation. p. m. 1092*, describit Electrum quidem ita, vt ex populis arboribus distillet, simile gummi, eo quod instar lapidis indurescat, & collectum ab incolis in Græciam deportetur; sed de attractione nihil meminit, quamuis *Laërtius, l. c. lib. I, segm. 24*, testetur, etiam hanc ipsi fuisse cognitam. Cognitam pariter fuisse perhibetur *Theophrasto Eresio*, nec non *Dioscoridi. Plinius Nat. Hist. lib. XXXVII, cap. 3*, gigni illud dicit in insulis septentrionalis oceani, ac a Germanis vocari Glessum; quod etiam *Tacitus, de mor. Germanor.* affirmat. Ille autem porro dicit: attritu digitorum accepta caloris anima trahunt electra in se paleas, ac folia arida, quæ leuia sunt, ac, vt magnes lapis, ferri ramenta quoque. Idem similiter *l. c. cap. 2*, memorat, in Syria feminas verticillos inde facere, & vocare *harpaga*, quia folia, & paleas, vestiumque fimbrias, rapiat. Memoriam porro huius & lapidis, & virtutis attrahendi, prodiderunt posteris, exscriptor ille Plinii *Solinus*, tum *Strabo*, Geographus, ac etiam *Plutarchus, Quæstion. Platon.* tomo 2, qui rursus ad animam quandam, aut flammam animalem, in re tam obscura confugere velle videtur.

356.

Ab illa veteris Philosophiæ ætate altum silentium est Electri, aut Succini, ad *Guielm.*

lielm. Gilbertum vſque, hoc eſt, per quindecim fere ſecula. Hic autem primus reſuſcitauit hanc indagationem & auxit, in *Phyſiologia Noua, ſiue Tractatu de Magnete*, anno 1633 edito, *vbi libro II, cap. 2*, vim electricam primus tribuit aliis adhuc multis corporibus, veluti gemmis, adamanti præſertim, ſulphuri, & vitro claro ac lucido, ceræ duræ ſigillari; atque in eam tandem perducitur ſententiam, vt putet omnia illa corpora eſſe electrica, quæ ab aqua originem duxerunt; electricam vero motionem produci a materia corporis, magneticam autem ab ipſius forma, *pag. 55*; ex quo differentiam vtriuſque diſtincte indicat. Poſt hunc proximus incedit *Otto de Guerike*, ille Antliæ pneumaticæ celebris inuentor, qui ſulphur globo vitreo infuſum, & fracto huic ereptum, axe tranſfixo primus perforauit & rotauit corpus electricitate donandum, ac admota manu fricuit, vnde obſeruauit, omnia leuia cuiuſcunque generis attrahi, ſed eadem etiam repelli ab hoc globo; porro detexit continuationem attractionis per fila, crepitationem globi auditu percipiendam, & igniculos in tenebris ſpectandos; quæ omnia deſcripta ſunt in *Experimentis Magdeburgicis anno 1671 editis.*

357.

Academici Leopoldini del Cimento, in Parte II Tentaminum ſuorum, ſola adhuc frictione in-

inquisiuerunt in proprietates electricitatis, in Ambra, aliisque corporibus; atque inter alia etiam docuerunt, hanc virtutem non sequi proportionem duritiei corporum: Smaragdum inter idioëlectrica esse referendum, quod *Gilbertus*, *de Magnete lib. II, cap. 2, pag. 53*, negabat; succinum omnia corpora ipsi oblata attrahere, excepta sola flamma; falsum esse, quod *Plutarchus* affirmavit, illud non attrahere corpuscula oleo illita, vel sebo, vel, vt alii dicunt, affricata plantæ, quæ Basilicum vocatur; atque hæc, & plura adhuc quædam, occasionem dederunt *Celeberr. Musschenbrœkio* illustrandi etiam hoc caput notis doctissimis. *Rob. Boyle* longe plurima hic instituit experimenta, qui Theoriam quoque eorum dedit omnium hucusque optimam, in Capite *de Electricitate, Operum Vol. I, pag. 507*. Præter Smaragdum etiam Carneolum electricum inuenit, quem *Gilbertus* l. c. pariter negat talem esse; inuenit præterea, in vacuo etiam persistere hanc vim, eandemque a calore iuuari. *Honorat. Fabry*, in sua *Physica*; *Sturmius*, in *Physica Electiua*; *Kircherus*, *Mundi subterr. tomo II, lib. VIII*, sine nouis experimentis philosophati sunt de Electricitate, atque hic præsertim asserit, omnis generis metalla ad X & XX libras succini frusto se attraxisse, quod, quomodo verum sit, haud equidem intelligere possum; vid. Nota *Har-*

duini

duini ad *Plinii Nat. Hist. cap. XXXVII, cap. 3. Cartesius* denique in *Princip. Philos. lib. IV, §. 184,* in omnium horum explicationem adducit materiam primi sui elementi.

358.

Post interuallum aliquod magna cum laude, circa annum 1700, in hanc scenam prodiit *Francisc. Hauksbee*, & multa diligentia excoluit hanc materiam scriptis, in *Transact. Philosoph.* & *Experimentis suis Physico-Mechanicis*, 1709 editis, occurrentibus. Ex lucenti Barometro *Piccardi*, (P. I, 343.) quod a mercurii cum vitro frictione oriri iudicavit, hoc electricitate ambram superare statuit. Tubum igitur vitreum primus adhibuit fricatum, in quo fortem attractionem ostendit aëre pleno, vacuo autem valde debilitatam; crepitationem quoque, scintillas ipsas, sensum materiæ electricæ in manu, facie, produxit, postea adhibuit quoque sphæras vitreas, ad imitationem sulphurei globi Guerikiani. *Stephanus Gray* propagationem tandem ad pedes 886 promouit; puerum octennem primus electrisauit, adeoque communicationem primus videtur obseruasse.

359.

Du Fay, in *Commentar. Acad. scient. Parisinæ*, 1733, 1734, 1737, Electricitatem credidit esse attributum omnium corporum, neque desperauit metalla etiam talia efficere,

quas

quæ nempe per communicationem tam facile electricitatem recipiant. Propagationem extendit ad 1256 pedes. De meritis *Celeberr. Musschenbrœkii* hac in re supra diximus. Primus inter Germanos videtur hic inclaruisse, in *Miscell. Berolinensibus*, *Tomo IV*, *Io. Iac. Schilling*, *Prof. Duisburgensis*. In historica Electricitatis indagatione omnium diligentiam superauit *Doppelmaierus*, *Neu-entdeckte Phænomena der Electrischen Krafft*, anno 1744 edita. Inflammatio primum successit *Ludolpho*, anno 1743, Medico Castrensi Borussico, cum spiritu vini ope ensis nudi peragenda, deinde *Celeberr. Lieberkühnio*, solius digiti auxilio peragenda; denique *Celeberr. Waitzius* præmium 50 aureorum reportauit, anno 1744, ab Acad. Scient. Regia Berolinensi, Dissertatione de his phænomenis perscripta, *Abbhandlung von der Electricitæt und deren Ursachen*.

360.

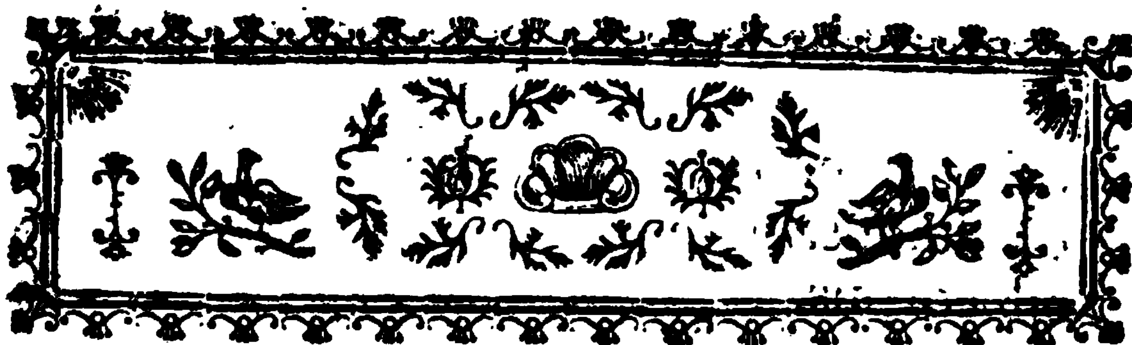
Plurimos egregios alios libros, de Electricitate peculiariter editos, præter eos, quos in hoc Capite iam allegauimus, breui hoc adhuc complectemur catalogo. *Hausenii* Novi profectus in Historia Electricitatis, Lipſ. 1743. *Winkleri* Gedancken von den Eigenschafften der Electricitæt, Lipſ. 1744; qui egregius Tractatus Gallice versus prodiit, in Recueil des Traités sur l'Electricité, traduits de l'Allemand & de l'Anglois, I, Partie, Pa-

rif. 1748. *Winckleri* Eigenschafften der Electrischen Materie, Lipf. 1745. *Gordoni* Erklærung der Electricitæt, Erford. 1745. *Krügeri* Zuschrifft an seine Zuhörer von der Electricitæt, Halæ 1745. *Bosii* Recherches sur la cause & sur la Theorie de l'Electricité, Witteb. 1745. *Piderit* Dissertat. duæ de Electricitate, methodo Mathematica conscriptæ, Marburgi 1745. *Winckleri* Die Stærke der Electrischen Krafft des Wassers, Lipf. 1746. *Rœnnbergii* Vernünftige Gedancken von den Vrsachen der Electricitæt, Wism. 1746. *Mülleri* von der Vrsache der Electr. als ein Anhang von Newtons allgemeiner Schwehre, Weimariæ 1746. *Bosii* Tentamina Electrica tandem aliquando Hydraulicæ, Chymiæ & vegetabilibus vtilia, Witteb. 1747. *Wagneri* Erforschung der Vrsachen von den Electrischen Würckungen, Lignizii 1747. *Watsoni* Experiences & Observat. de l'Electricité, Gallice versa & inserta superiori Recueil, II, Partie, Paris. 1748. In quo eodem adhuc apparet III Partie, *Frekii* Essai sur la cause de l'electricité, traduit de l'Anglois, Parif. 1748, *Nolleti* Recherches sur les causes particulieres des phénomenes électriques, Parif. 1749. *Jallaberti* Experiences sur l'electricité, Parif. 1749. *Bianconii* Sendschreiben über die Electricitæt an den Herrn Grafen Algarotti, Basel, 1750. *Bunsen* Erklærung der Electrischen vnd Magnetischen Kræfften, Lipf. 1752.

FINIS.

RERVM





RERVM PRAECIPVARVM, IN TRIBVS HISCE PRAELECTIONVM PHYSICARVM PARTIBVS CONTENTARVM, AVCTORVMQVE PASSIM ALLEGATORVM INDEX

NB. *Numeri maiores denotant Partem Libri, minores vero paginam.*



A.

quo-

causa

axis

B.

ex

magna

caussa,

E.

fpecia-

partes

eius

triplex

con-

com-

inæ-

N.

O.

huius

stella-

S.

eius

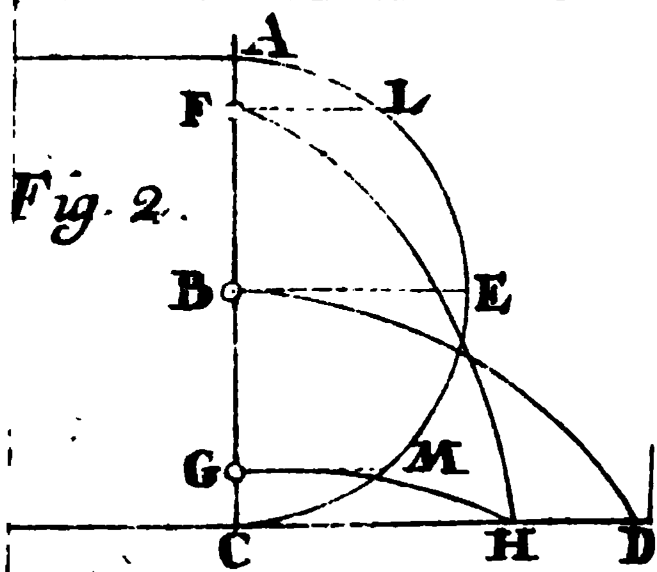
phæ-

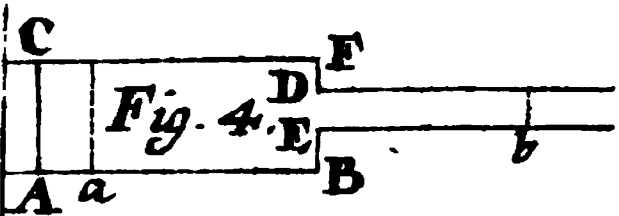
Sym-

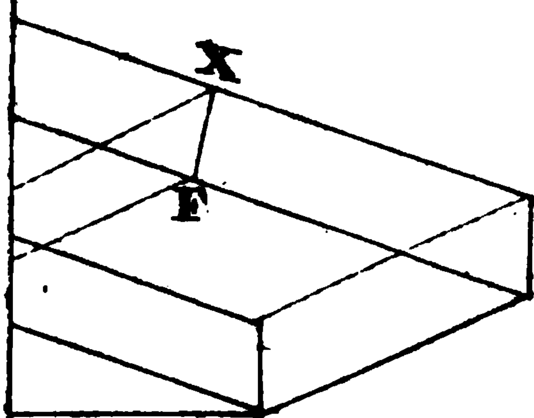
eidem

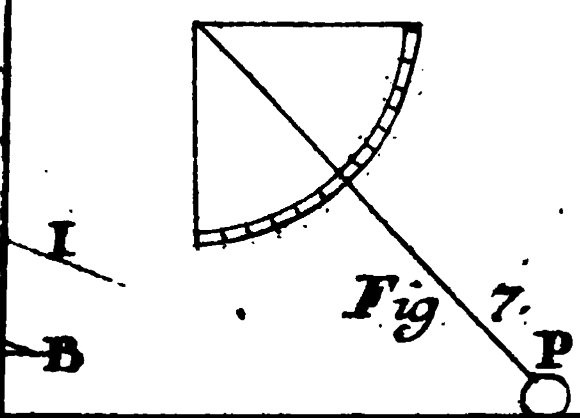
vento-

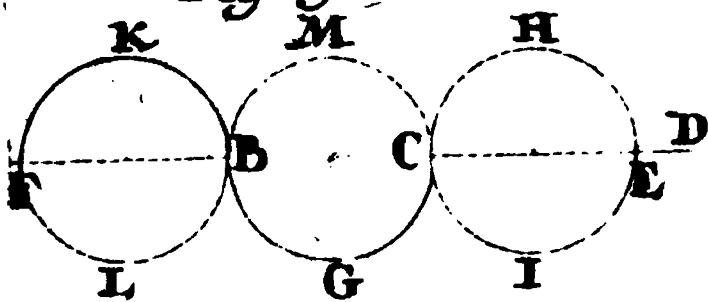
F I N I S.


A
F
L
Fig. 2.
B
E
G
M
C
H
D


C
F
D
Fig. 4.
E
b
A
a
B


X
F


I
B
Fig 7.
P



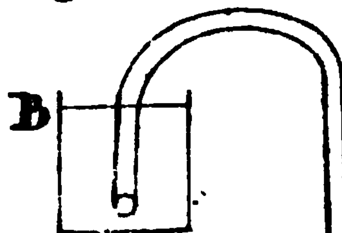
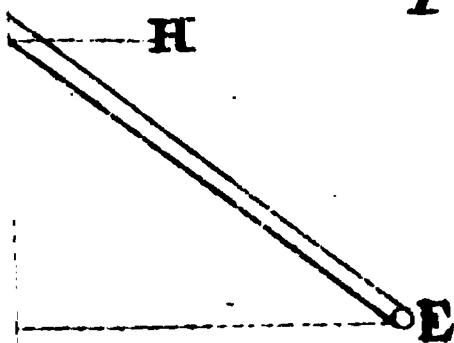
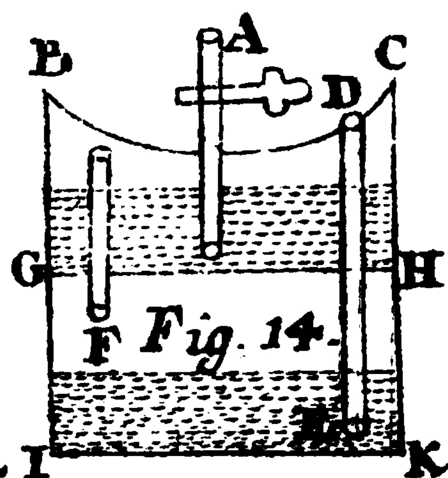
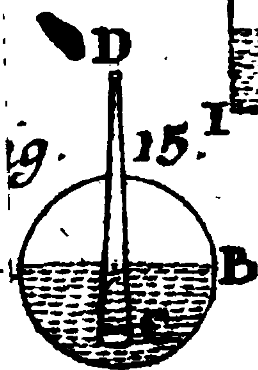


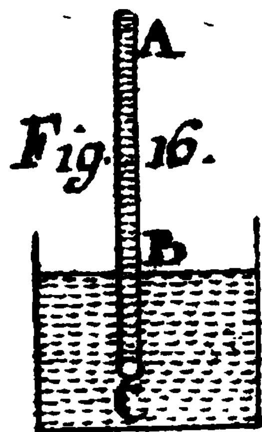
Fig. 11.

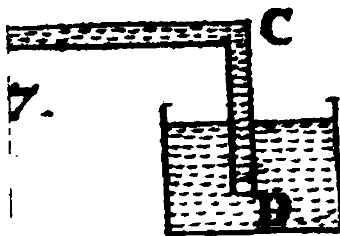












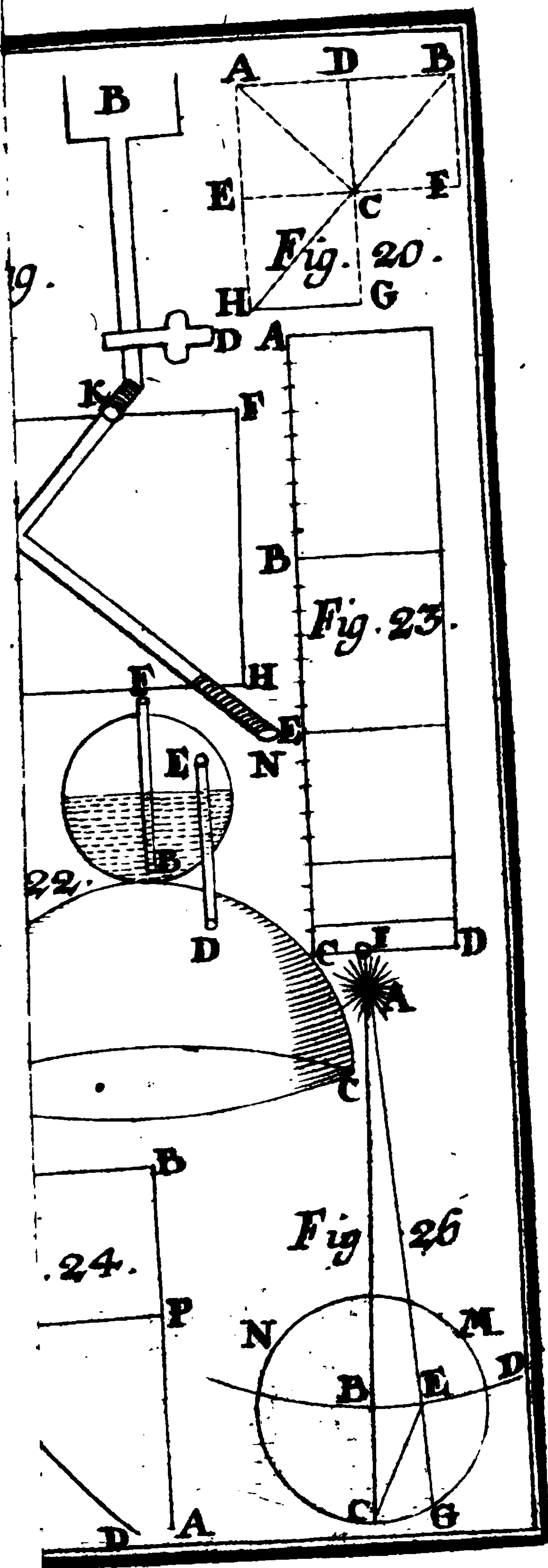
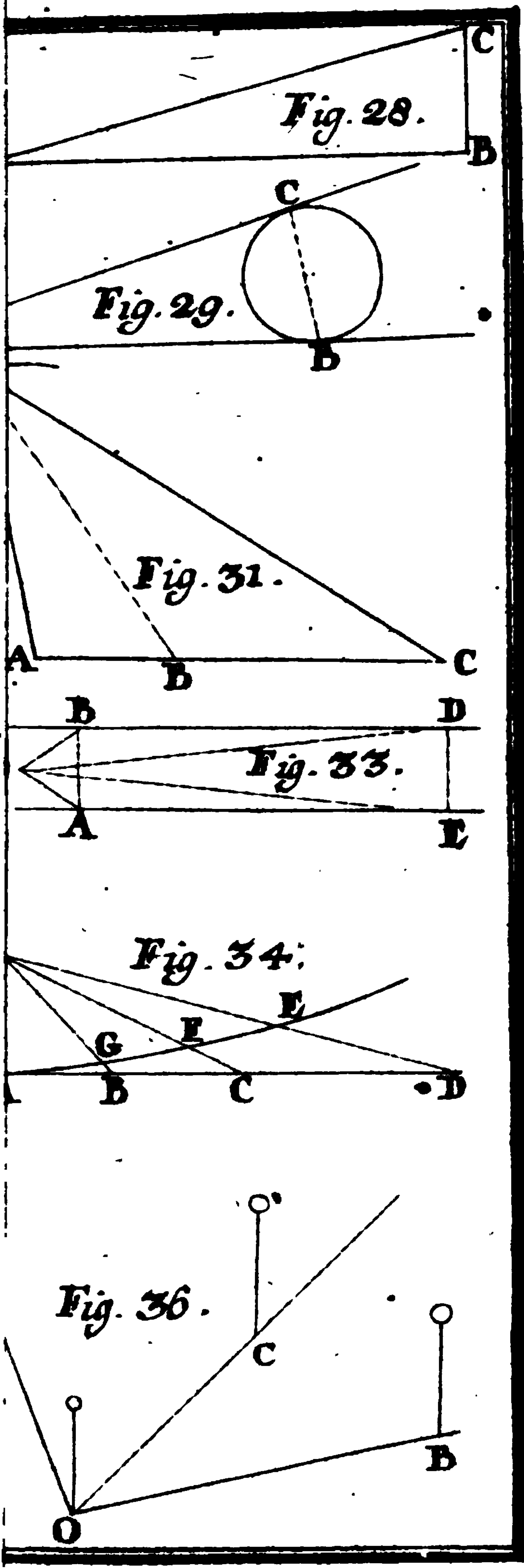
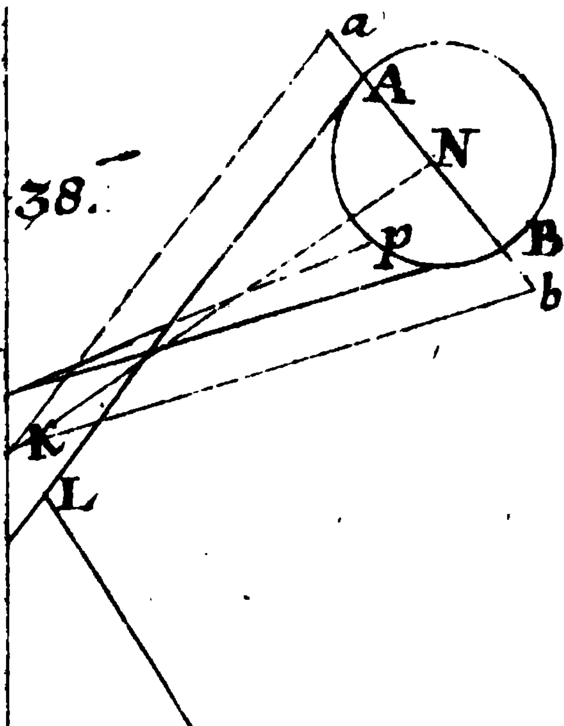


Fig. 20.
A D B
E C F
H G
B
D A
K F
B
Fig. 23.
H
F E N
E
B
22.
D
C I D
A
C
B
Fig 26
.24.
P
N M
B E D
C G
D A


C
Fig. 28.
B
C
Fig. 29.
B
Fig. 31.
A
B
C
B
D
Fig. 33.
A
E
Fig. 34.
E
G
F
A
B
C
D
Fig. 36.
C
B
O



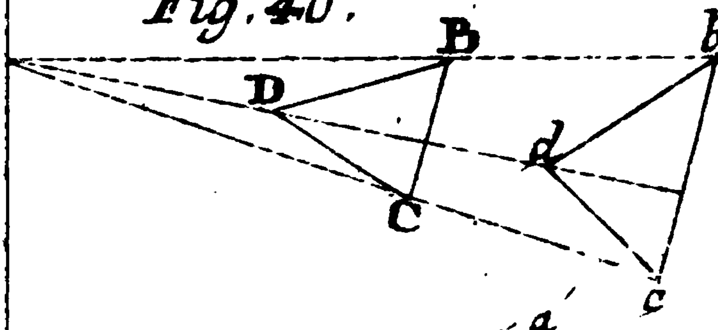


Fig. 40.

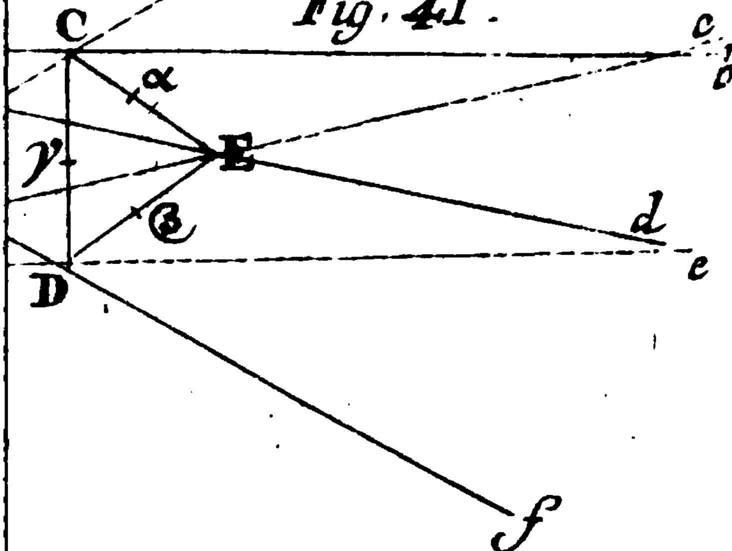
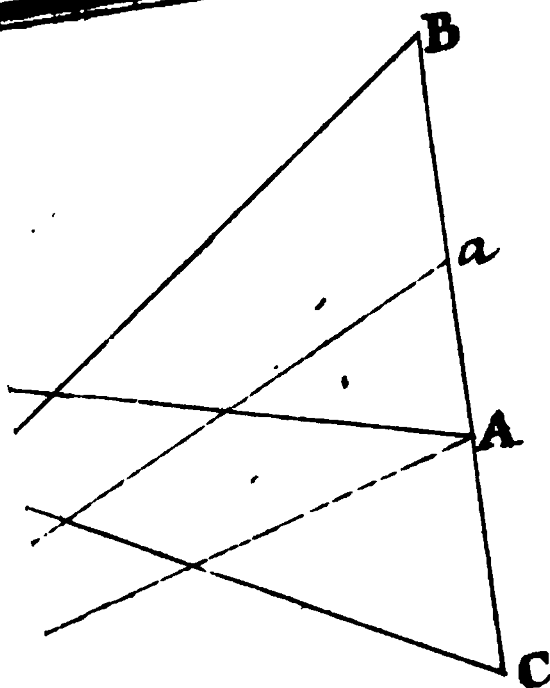
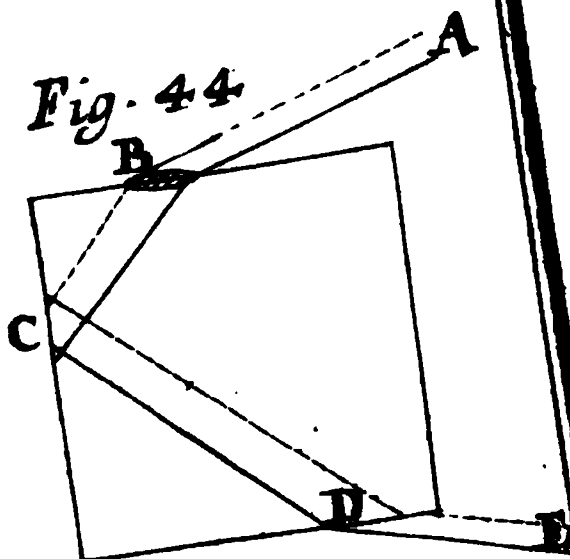
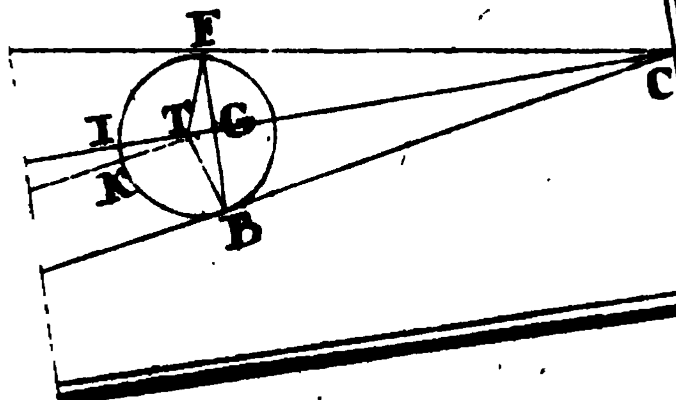


Fig. 41.

P. I


B
a
A
C


Fig. 44
A
B
C
D
E


F
C
I
T
G
K
B

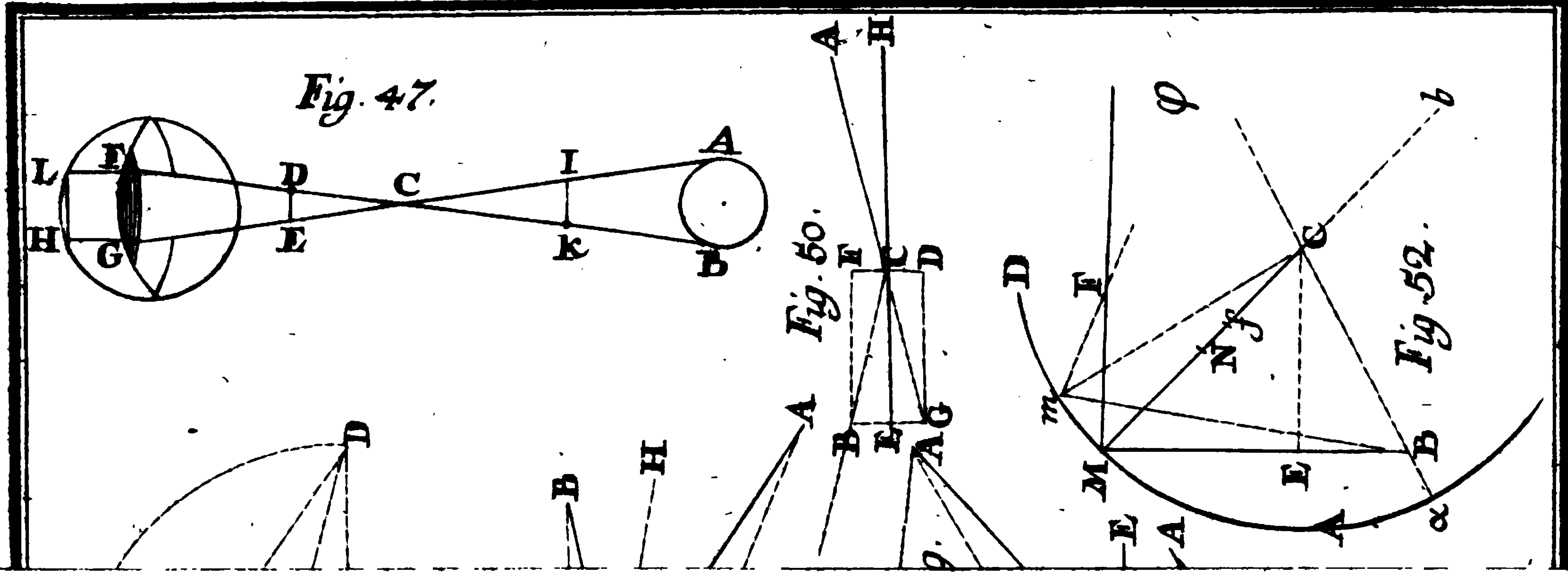
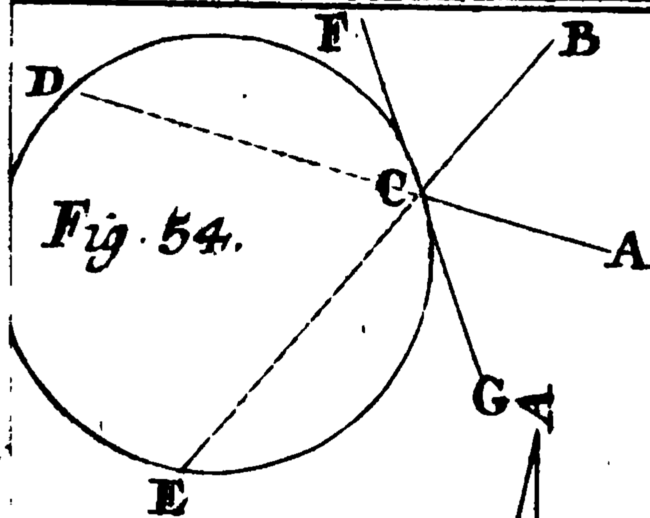
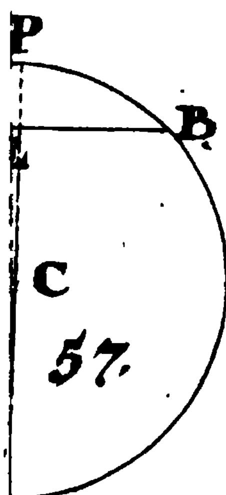
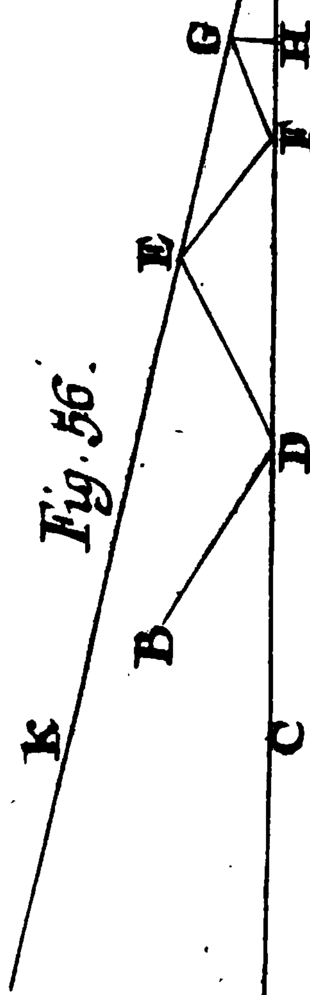
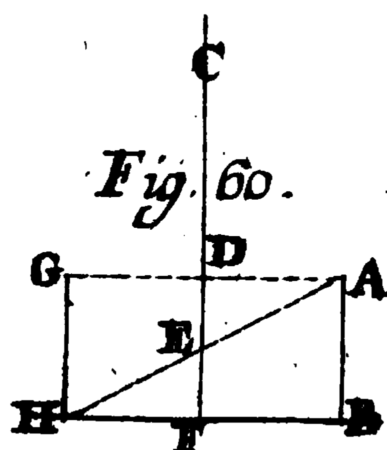


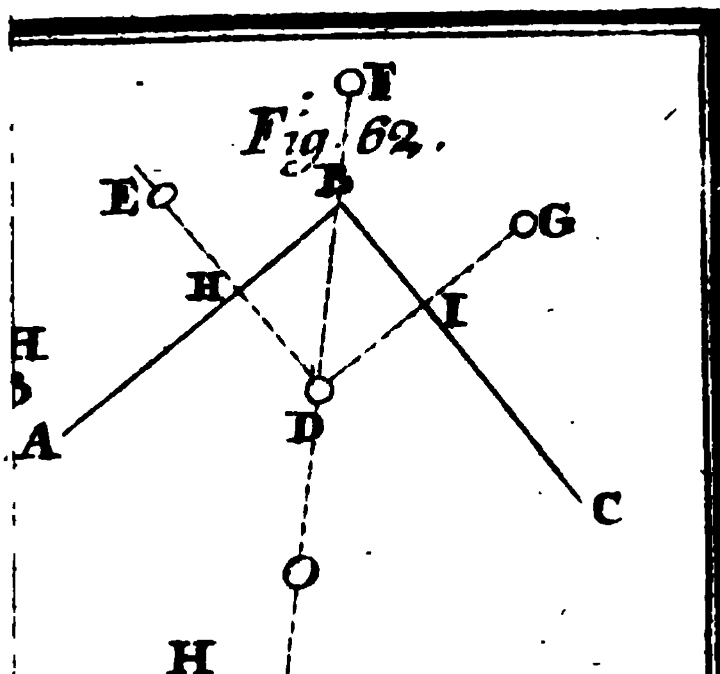
Fig. 47.
Fig. 50.
Fig. 52.

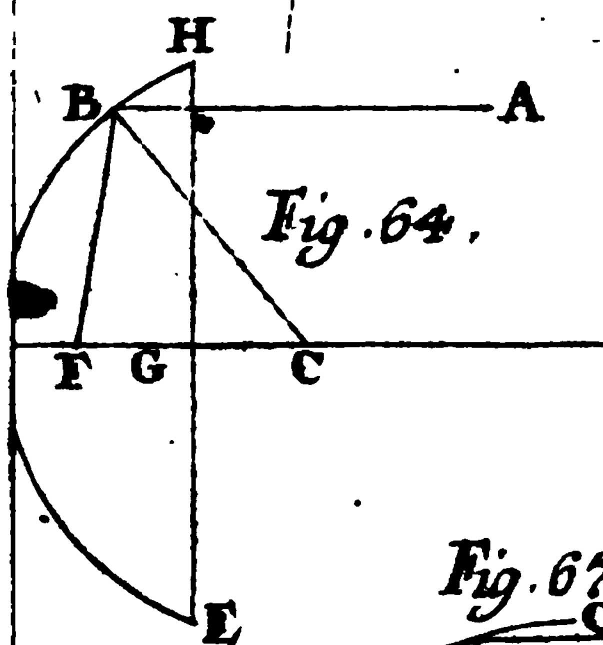

Fig. 54.
D
F
B
C
A
G
E

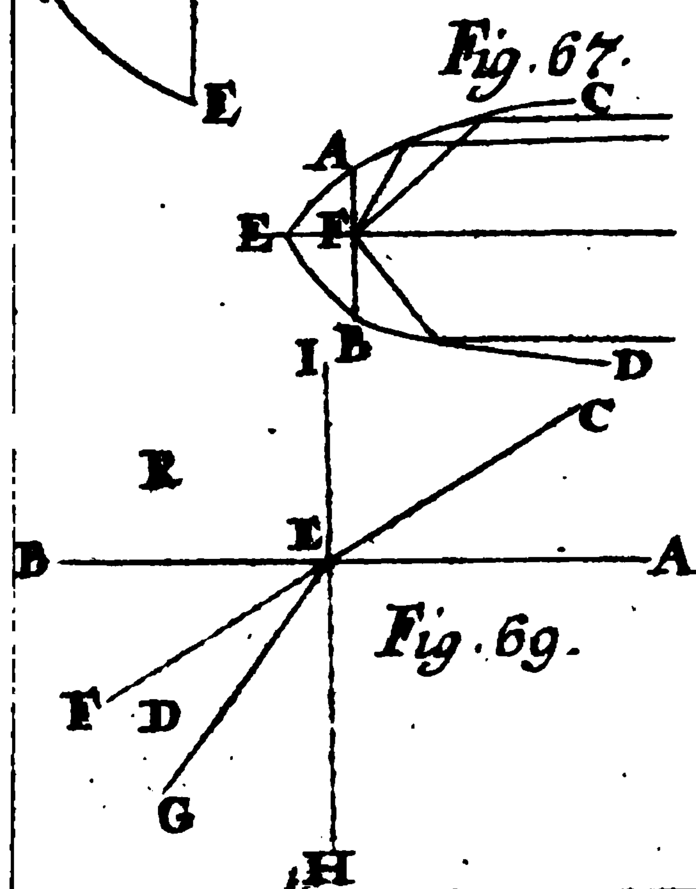

P
B
L
C
57.

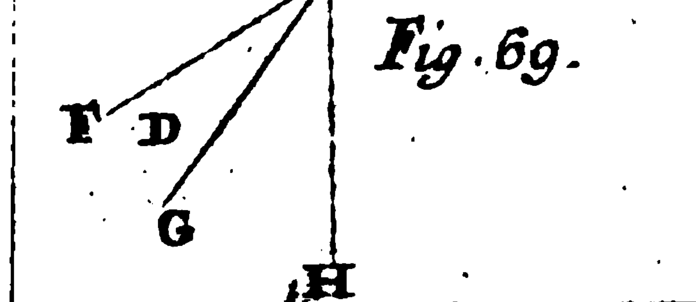

Fig. 56.
A
G
H
F
E
D
B
K
C

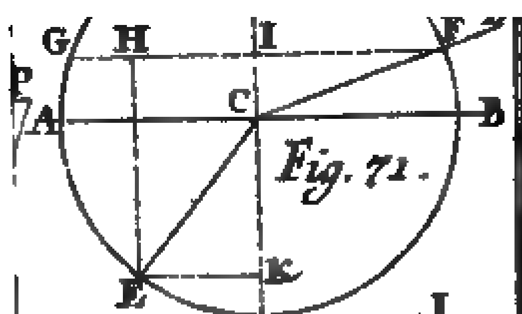

Fig. 60.
C
G
D
A
E
H
F
B


F
Fig. 62.
E
B
G
H
I
D
A
C

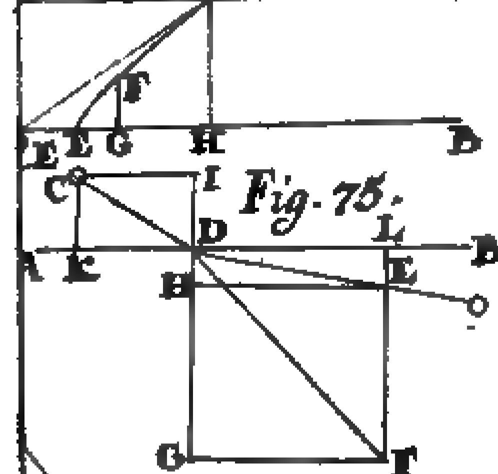

H
B
A
Fig. 64.
F
G
C
E

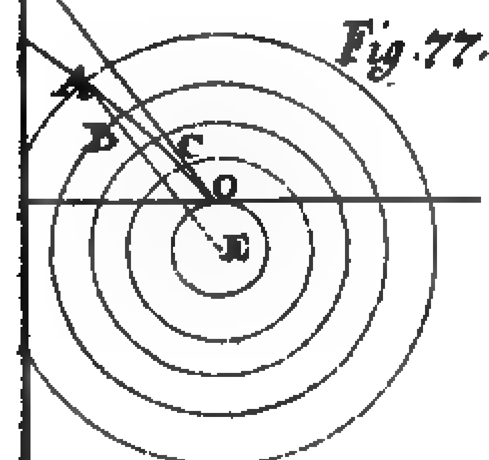

Fig. 67.
C
A
E
F
B
D

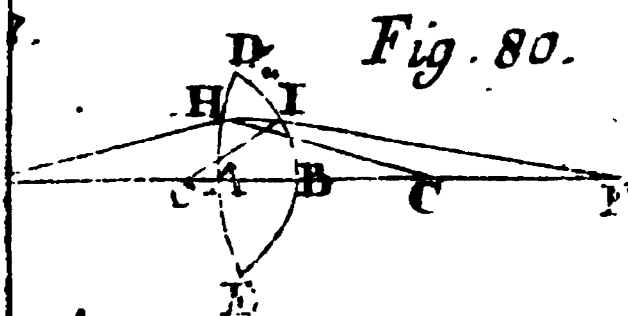

I
C
R
E
B
A
Fig. 69.
F
D
G
H

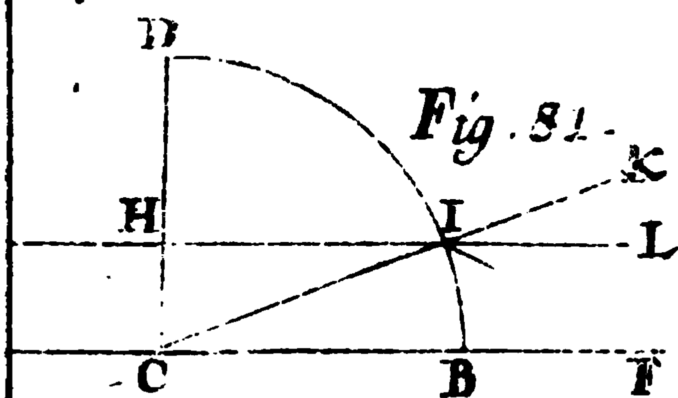

G
H
I
F
P
A
C
B
Fig. 71.
E
K

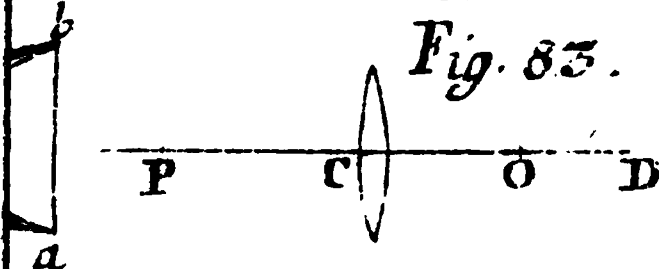

I
Fig 73.
C
b
F
E
E
G
H
D

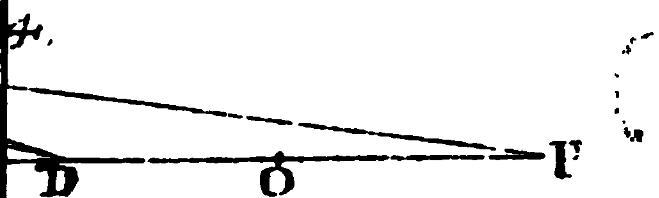

C
I
Fig. 75.
D
L
A
K
B
H
E
G
F

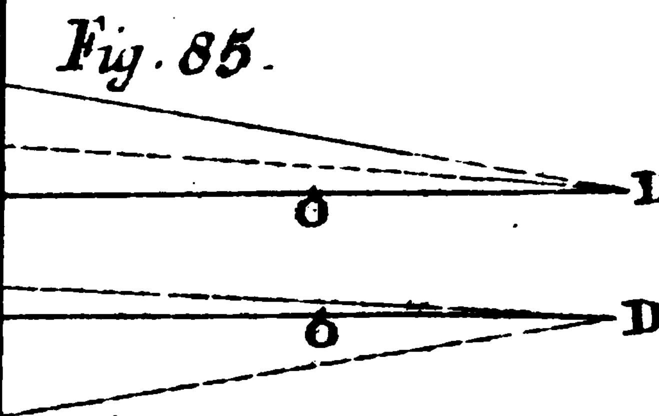

Fig. 77.
A
B
C
O
E

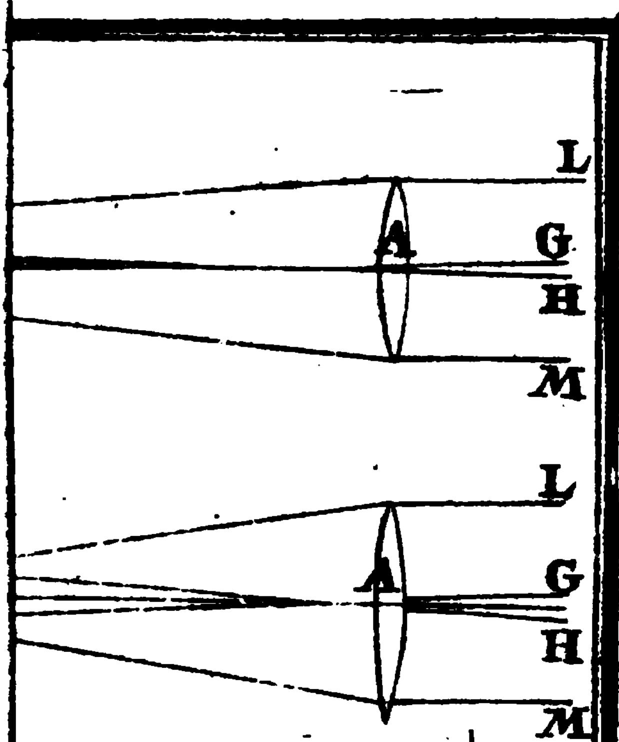

Fig. 80.
D
H
I
A
B
C
F
E


D
Fig. 81.
K
H
I
L
C
B
F


b
Fig. 83.
P
C
O
D
a


D
O
F


Fig. 85.
D
O
D
O
Fig. 86.



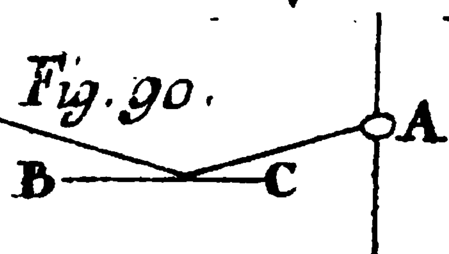


Fig. 90.

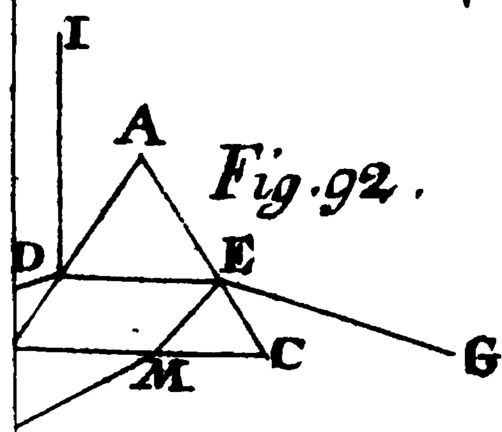


Fig. 92.

[illegible]

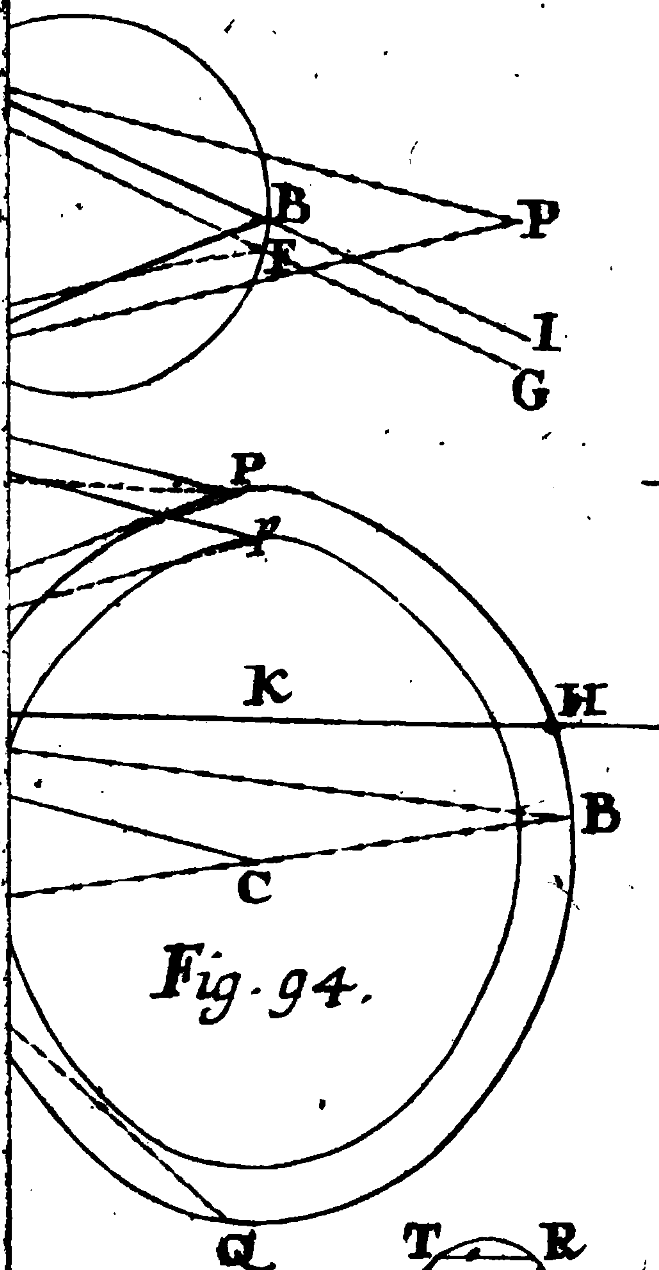


Fig. 94.

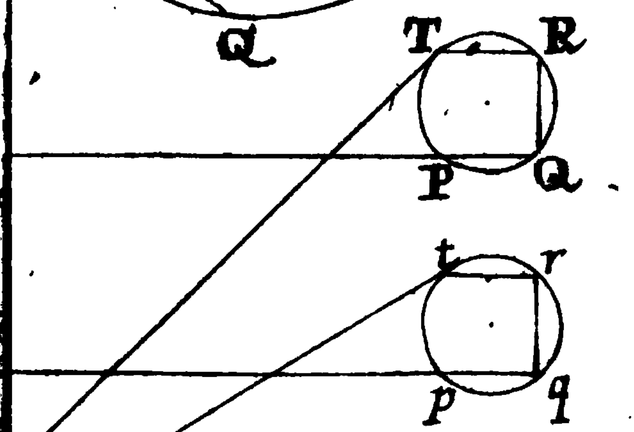


Fig. 95.

7.

A A A

B F

D G

C

M

P

Q

h

d

O

96.

H B

E

F

G

K

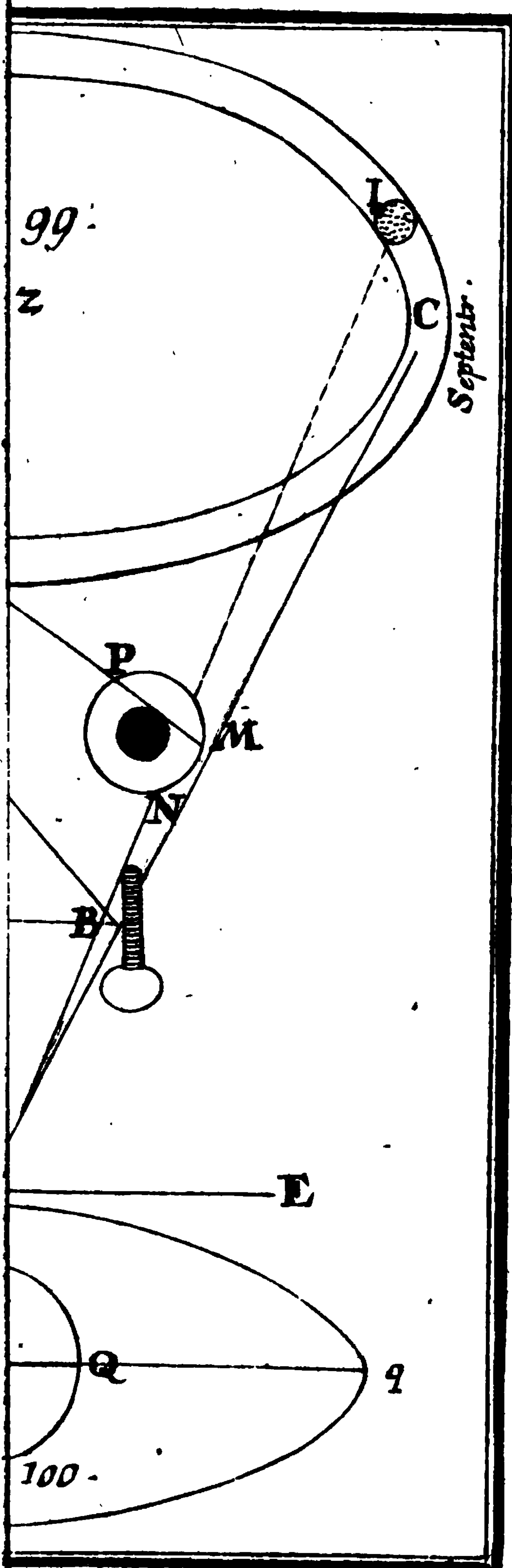
A

A

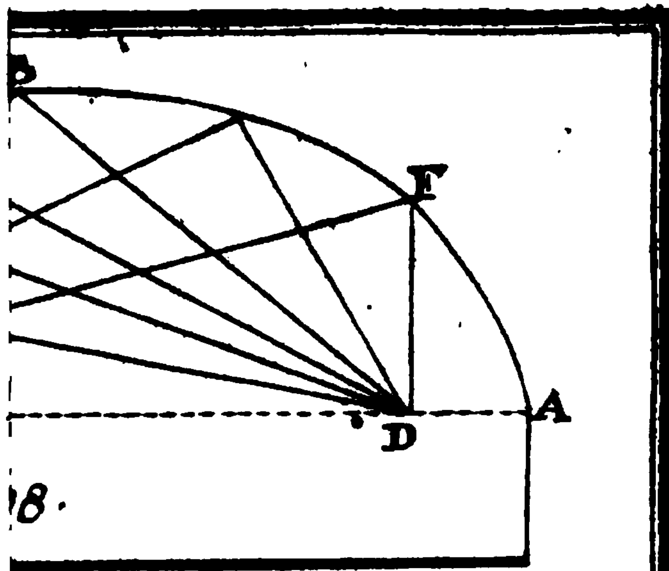
A

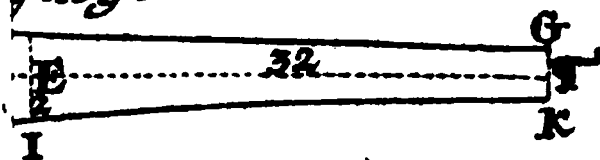
A

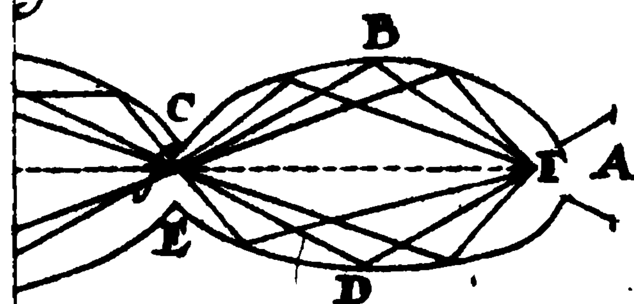
P. II.

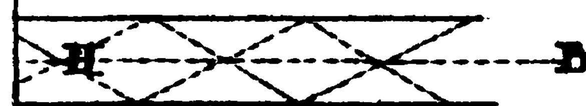


99
z
L
C
Septentr.
P
M
N
B
E
Q
q
100









P.IIIE.

John Farrar

